Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. S. Weller

FRÜH- UND SPÄTERGEBNISSE OPERATIV VERSORGTER TIBIAKOPFFRAKTUREN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Günther Welte
aus Wangen im Allgäu

1984

UNIV.
LIBRARY
GENT

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. S. Weller

FRÜH- UND SPÄTERGEBNISSE OPERATIV VERSORGTER TIBIAKOPFFRAKTUREN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
der
Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Günther Welte
aus Wangen im Allgäu

1984

Dekan: Professor Dr. H. D. Waller
1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. U. Holz
2. Berichterstatter: Professor Dr. S. Weller

Meinen Eltern

INHALTSÜBERSICHT

		Seite
1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2.	ALLGEMEINER TEIL	3
2.1	Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes	3
2.2	Posttraumatische Arthrose des Kniegelenkes	6
2.2.1	Pathophysiologie und Pathogenese	6
2.2.2	Stadien der Arthrose	11
2.3	Ursachen und Formen der Tibiakopffrakturen	13
2.4	Begleitverletzungen	21
2.5	Diagnostik	22
2.6	Therapie	25
2.6.1	Historische Entwicklung	25
2.6.2	Behandlungsverfahren	28
2.7	Nachbehandlung	36
3.	SPEZIELLER TEIL	39
3.1	Material und Methode	39
3.2	Frühergebnisse	42
3.2.1	Zahl der Fälle	42
3.2.2	Alter und Geschlecht der operierten Patienten	43
3.2.3	Lokalisation der operierten Frakturen	44
3.2.4	Unfallhergang	44
3.2.5	Einteilung der Frakturformen	45
3.2.6	Örtliche Begleitverletzungen	46
3.2.7	Begleitverletzungen	48
3.2.8	Operationszeitpunkt	49
3.2.9	Spongiosaunterfütterung	50
3.2.10	Operative Versorgung der örtlichen Begleitverletzungen	51
3.2.11	Operationsergebnis unter Sicht	52

		Seite
3.2.12	Röntgenologische Frühergebnisse	52
3.2.13	Postoperative Komplikationen	54
3.2.14	Weitere Operationen am Unfallknie	55
3.3	Spätergebnisse	57
3.3.1	Zahl der nachkontrollierten Fälle	57
3.3.2	Intervall zwischen Operation und Nachuntersuchung	58
3.3.3	Angaben der Patienten bei der Nachkontrolle	59
3.3.4	Klinische Untersuchung	61
3.3.4.1	Klinischer Befund	61
3.3.4.2	Funktion	63
3.3.4.3	Bandstabilität	65
3.3.5	Röntgenologische Spätergebnisse	66
3.3.6	Arthrose in Abhängigkeit vom Frakturtyp	68
3.3.7	Arthrose in Abhängigkeit von Bandinstabilitäten	69
3.3.8	Arthrose in Abhängigkeit von Achsenfehlern	70
3.3.9	Arthrose in Abhängigkeit von Inkongruenzen	70
3.3.10	Arthrose in Abhängigkeit vom Versorgungszeitpunkt	72
3.3.11	Arthrose und Art der Spongiosaunterfütterung	73
3.3.12	Arthrose und Beschwerden	73
4.	DISKUSSION	75
5.	ZUSAMMENFASSUNG	91
6.	LITERATUR	93
7.	ANHANG	118

ABKÜRZUNGEN

S	=	Spaltfraktur
D	=	Depressionsfraktur
I	=	Impressionsfraktur
K	=	kombinierte Frakturform
A	=	Aitken-Fraktur
m	=	monokondylär
b	=	bikondylär
g	=	geschlossene Fraktur
o	=	offene Fraktur
m.E.	=	mit Eminentiabeteiligung
o.E.	=	ohne Eminentiabeteiligung
med	=	medial
lat	=	lateral
amed	=	anteromedial
alat	=	anterolateral

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Tibiakopffraktur stellt eine problematische Verletzung dar, da sie therapeutisch oft schwierig anzugehen ist und wegen der enormen statischen und dynamischen Belastungen im Kniegelenk häufig eine ungünstige Prognose hat (RÜEDI 1976, MUGGLER et al. 1978).

Die größte prognostische Bedeutung kommt bei dieser Gelenkfraktur neben möglichen Begleitverletzungen stets dem mehr oder weniger ausgeprägten Knorpelschaden zu (LEXER 1924, JUNGHANNS 1953, FRIES 1958, NYGA 1970, SCHULITZ et al. 1973, DUSTMANN, SCHULITZ 1975, MUGGLER et al. 1975, HOLZ 1976, RÜEDI 1976).

Insgesamt gehört der Schienbeinkopfbruch immer noch zu den relativ seltenen Frakturen, obwohl die Entwicklung der Verkehrsunfälle, die den größten Prozentsatz der Tibiakopfbrüche beanspruchen, die jährliche Ziffer an Frakturen erhöht hat (JUNGHANNS 1953, KUSS, FELDER 1965, VICK 1965, RUF 1966, THIELE 1968, HENKERT et al. 1970, LUCHT, PILGAARD 1971, MUGGLER et al. 1975, PERSCH, BIRKNER 1975, BAUMANN, ZIEGLER 1976). Dies mag mit ein Grund sein, weshalb in den letzten drei Jahrzehnten in mehr als hundert Veröffentlichungen immer wieder kontroverse Auffassungen bezüglich der Therapie dieser Frakturform vertreten worden sind. Sowohl die konservative als auch die operative Versorgung dieser schwierigen Bruchform haben häufig nicht den gewünschten Erfolg erbracht (ANDREESEN 1955, SCHULITZ et al. 1973, MUGGLER et al. 1975). Außerdem lassen das uneinheitliche Krankengut, die unterschiedliche Indikationsstellung zur Operation und die uneinheitliche Klassifizierung nach Frakturtypen gegenseitige Vergleiche kaum zu (ANDREESEN 1955, HOHL, LUCK 1956, LENTZ 1956, KUSS, FELDER 1965, EISENBACH 1967, HENKERT et al. 1970, BAKALIM, WILPPULA 1973, COURVOISIER 1973, DUSTMANN, SCHULITZ 1973, SCHULITZ et al. 1973, HOLZ 1975, BALTENSWEILER 1976).

Da auch nach Osteosynthesen sehr unterschiedliche Ergebnisse und mitunter beträchtliche Komplikationsraten, insbesondere Infektkomplikationen (WEISSMAN, HEROLD 1964, JAHNA et al. 1976), beobachtet werden, sollen in der folgenden Arbeit die Früh- und Spätergebnisse operativ versorgter Tibiakopffrakturen kritisch analysiert und dargestellt werden. Es erscheint dabei von besonderem klinischen Interesse, die Patienten einmal 4 - 7 Jahre nach der operativen Versorgung ihres Schienbeinkopfbruches zu untersuchen, um zu sehen, inwieweit durch die operative Therapie langfristig eine Restitutio ad integrum in Bezug auf Form, Achsenverhältnisse und Funktion erreicht worden ist, wobei ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung der posttraumatischen Arthrose gerichtet wird.

Dabei sollte im einzelnen geklärt werden, welche Faktoren von maßgeblicher Bedeutung für die Entstehung der posttraumatischen Gonarthrose sind und ob eine Korrelation zwischen Arthroseentwicklung und Frakturtyp sowie Röntgenbefund, Funktion und möglichen Beschwerden besteht. Des weiteren sollte geprüft werden, inwieweit der Einfluß solcher Faktoren auf die Gonarthroseentstehung durch eine Osteosynthese langfristig überhaupt verzögert oder gar aufgehoben werden kann.

2. ALLGEMEINER TEIL

2.1 Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes

Die Wiederherstellung der Form des Tibiakopfes und einer regelrechten Bandführung am Kniegelenk sind die wesentlichen Forderungen, die an therapeutische Maßnahmen nach Verletzungen des Schienbeinkopfes gestellt werden. Kenntnisse der komplexen Anatomie und Biomechanik der Funktionseinheit Kniegelenk sind hierfür Voraussetzung.

Die ovalär geformten Gelenkflächen des Tibiakopfplateaus, die plan bis konkav sind, werden von hyalinem Knorpel überzogen und sind durch die knorpelfreie Eminentia intercondylica getrennt. Das ausladende Tibiakopfmassiv, das mit den spiralförmigen, in beiden Ebenen konvexen Femurkondylen artikuliert, ermöglicht den Gleitweg nach hinten und verbessert die Hebelwirkung des Streckapparates. Die Berührungs- und Druckübertragungsfläche zwischen Femur und Tibia ist in Streckstellung am größten, weil der Krümmungsradius der Femurkondylen dorsal kleiner ist als ventral. Röntgenologische in vitro-Untersuchungen von KETTELKAMP und JACOBS (1972) ergaben sogar, daß die Kontaktfläche zwischen Femur und Tibia während der ersten 35 Grad bei der Flexion noch zunimmt.

Auf dem Tibiakopfplateau, das eine Retroposition und eine Retroversion von ca. 4 Grad aufweist (BAUMGARTL 1964), verläuft die Roll-Gleitbewegung des Kniegelenkes wegen der Spiralform der Femurkondylen und der Anordnung der Bänder innen und außen verschiedenartig ab. Dies ist aber Voraussetzung für die Außenrotationsbewegung des freien Unterschenkels bei der Streckung. Weiter stellt es eine Anpassung an die physiologische Valgusstellung des Kniegelenkes dar, da der mediale Kondylus tiefer herabreicht als der laterale und so die Achse des Kniegelenkes mit dem Femur einen nach außen offenen Winkel von 81 Grad bildet (RÜTER et al. 1978). Dennoch verläuft die mechanische Achse zwischen den Zentren des Hüftkopfes und des oberen Sprungge-

lenkes durch den Mittelpunkt des Kniegelenkes, wodurch eine gleichmäßige Belastungsverteilung auf beide Tibiakonsolen gewährleistet wird (KUMMER 1965). Bei einer Varusstellung tritt durch Hebelwirkung eine ungünstigere Belastungszunahme der inneren Gelenkabschnitte auf, als dies bei einer verstärkten Valgusstellung außen der Fall ist (MAQUET et al. 1967).

Die Spongiosa des Tibiakopfes ist im Gegensatz zu Femur und Tibiadiaphyse nur von einer papierdünnen Kortikalis umgeben, aus der sie sich gleichsam aufblättert (HALL 1966, ROCKOFF et al. 1969, CURREY 1970). Die Knochenbälkchen sind in der subchondralen Schicht horizontal ausgerichtet, wobei die Schichtdicke medial höher ist als lateral (HALL 1966). Die Mitte des Tibiakopfes ist von einer lockeren, scherengitterartigen Trabekelstruktur ausgefüllt (DUPARC, FICAT 1960, HALL 1966). In Femur und Tibiadiaphyse sind die Knochenbälkchen vertikal ausgerichtet. PAUWELS (1948) erklärt die sekundär unterschiedliche trajektorielle Ausrichtung als eine "funktionelle Anpassung" der primär noch ungeordneten Spongiosa, um Biegungskräfte weitestgehend auszuschalten.

Die Menisken stellen ein wesentliches Element der komplexen Strukturen zur Gelenkstabilisierung dar. Sie führen die ungleich runden Femurkondylen und stellen einen festen Gelenkschluß sicher. Ihre Elastizität beruht auf dem bindegewebigen Kern, der von straffem Faserknorpel umgeben ist. Der mehr sichelförmige mediale Meniskus ist mit dem Innenband innig verwachsen, der runde bis scheibenförmige laterale Meniskus besitzt keine solche Verbindung. Vorder- und Hinterhörner sind an der Eminentia intercondylica fixiert, außerdem bestehen Verbindungen zu den Kreuzbändern. Bei der Beugung des Kniegelenkes werden die Menisken passiv nach dorsal verschoben, wobei der äußere Meniskus durch die Rotation um die Längsachse etwa den doppelten Weg des inneren Meniskus zurücklebt. Er wird dabei stärker deformiert als der mediale (KAPANDIJ 1965, DRAENERT, SCHENK 1976).

Bei der Steuerung und Führung des Bewegungsablaufs im Kniegelenk sind die Bänder die wesentlichen Strukturen (passive Stabilisatoren). Den Kreuzbändern wird hierbei eine überragende Rolle zuteil. MENSCHIK (1974) vergleicht dieses Bandsystem mit einer gekreuzten, geschlossenen, ebenen Viergelenkkette. Die wandernde Achse der Kniebewegung liegt jeweils im aktuellen Kreuzungspunkt der Kreuzbänder. Alle anderen Strukturen ordnen sich dieser Kinematik unter. Die Rolle des zentralen Stabilisators spielt dabei das wesentlich belastungsfähigere hintere Kreuzband (KENNEDY et al. 1976), während das vordere Kreuzband nach SMILLIE (1962) vor allem der Führung der Innendrehung des Tibiakopfes gegenüber dem Femur während der Beugebewegung dient.

Was HUGHSTON und EILERS (1973) als "posterior oblique ligament" bezeichneten, rückt als Gelenkstabilisator immer mehr in den Vordergrund. Diese Kapselbänder verstärken zusammen mit dem Lig. popliteum obliquum besonders die dorsale Kapselschale.

Als letztes bedeutendes Element dieser Funktionseinheit sind die Seitenbänder zu nennen, wobei das mediale Seitenband kräftiger als das laterale ausgebildet ist. Das gesamte passive Stabilisierungssystem ist bei Streckung gespannt, bei der Beugung verlieren das Außenband, die hinteren Kapselbänder und der hintere Anteil des Innenbandes ihre Spannung. Der vordere Anteil des Innenbandes bleibt dagegen bei der gesamten Beugebewegung gespannt. Die Streckspannung der Kreuzbänder vermindert sich bei Beginn der Beugung und nimmt in voller Beugung unter Verwindung der Fasern wieder zu (HERTEL, SCHWEIBERER 1975).

Zu den aktiven Stabilisatoren wird die das Kniegelenk überbrückende Muskulatur mit ihren Sehnen gerechnet. Sie ist durchaus in der Lage, partielle Bandlockerungen zu kompensieren.

Beim Verständnis der ossären und ligamentären Strukturen des Kniegelenkes und ihres funktionellen Zusammenspiels wird deutlich, daß schon geringe Unregelmäßigkeiten oder

Fehlbelastungen der Gelenkflächen den normalen Bewegungsablauf stören können.

2.2 Posttraumatische Arthrose des Kniegelenkes

2.2.1 Pathophysiologie und Pathogenese

Auch bei guter Wiederherstellung der Gelenkflächen nach Tibiakopffrakturen können schlechte Spätergebnisse auftreten, wenn sich eine posttraumatische Arthrose entwickelt. Es handelt sich dabei um eine degenerative Gelenkerkrankung, wobei sich die Knorpelveränderungen noch nicht von normalen Altersveränderungen trennen lassen (BOLLET, NANCE 1966).

Im gesunden Gelenkknorpel überwiegt an der Knorpeloberfläche Kollagen, in tieferen Zonen die Knorpelmatrix. Während die Chondrozyten in weniger belasteten Knorpelpartien vorwiegend Proteoglykane synthetisieren, die im wesentlichen die Knorpelmatrix ausmachen, bilden sie in belasteten Abschnitten vor allém Kollagen (HORWITZ, DORFMAN 1968, MAROUDAS et al. 1968). Der Gelenkknorpel weist einen intensiven Stoffwechsel auf. Die Zufuhr des Nährstoffangebots geschieht über Gefäße der Gelenkkapsel. Für den Substrattransport zwischen Gelenkkapsel und -knorpel in der synovialen Flüssigkeit ist die Bewegung des Gelenkes und damit der Durchmischung der Gelenkflüssigkeit eine wesentliche Voraussetzung. Im Gelenkknorpel selbst erfolgt der Stofftransport durch Diffusion (COTTA, PUHL 1976).

Die arthrotischen Veränderungen des Knorpels sind durch einen Substanzverlust an Proteoglykanen in der Knorpelmatrix charakterisiert. Gleichzeitig erfährt auch das Kollagen spezifische Veränderungen. Während normaler Knorpel vorwiegend Kollagene vom Typ II synthetisiert, wird bei degenerativen Gelenkerkrankungen zum Teil auch Typ I gebil-

det (NIMNI, DESHMUKH 1973, GREILING 1976, MILLER 1976). Dadurch verändern sich die biomechanischen Eigenschaften des Gelenkknorpels.

Wesentliche ätiopathogenetische Bedeutung in der Arthroseentwicklung kommen enzymatischen, trophischen und mechanischen Faktoren zu (DUSTMANN, SCHULITZ 1975).

Nach direkter Traumatisierung des Knorpels und/oder der Gelenkkapsel entsteht meist ein Hämarthros, der zu einer enzymatischen und trophischen Schädigung des Gelenkes führen kann (HOAGLUND 1967, SCHULITZ et al. 1973). Enzyme aus dem Hämarthros sowie Leukozytenenzyme können ebenso wie freigesetzte Enzyme aus absterbenden Chondrozyten Proteoglykane abbauen und damit die Knorpelmatrix zerstören (LACK, ROGERS 1958, ZIFF et al. 1960, LUCY et al. 1961, BOLLET et al. 1963, ALI 1964, FESSEL, CHRISMAN 1964, WEISSMAN, SPILBERG 1968, JANOFF, BLONDIN 1970, SCHULITZ 1970, STOCKWELL 1970). Aus einer meist vorhandenen Begleitsynovitis resultierende pH-Veränderungen scheinen den Abbau des Gelenkknorpelkollagens durch proteolytische Chondrozytenenzyme zu begünstigen, der bei physiologischen pH-Werten nicht möglich wäre (CURTIS, KLEIN 1963, 1965). Auch der Nachweis einer Kollagenase in Granulozyten läßt folgern, daß der erhöhte Kollagenumbau bei Arthrose auf enzymatischen Vorgängen beruht (LAZARUS et al. 1968, REPO, MITCHELL 1971).

In das Gelenk eintretendes Markfett kann ebenfalls zu einer Degeneration des Gelenkknorpels führen (GHADIALLY et al. 1970).

Ein Hämarthros oder Gelenkerguß führt außerdem durch Überdehnung der Gelenkkapsel mit Kompression der Kapselkapillaren zu einer Minderdurchblutung, woraus eine Abnahme des Stoffaustauschs zwischen Intravasalraum und Knorpel resultiert. Die dadurch dystrophisch geschädigten Knorpelzellen setzen lysosomale Enzyme frei, die die Knorpeldegeneration weiter vorantreiben. In der Einschränkung des Nährstofftransports ist daher eine wesentliche Ursache für die

Arthroseentwicklung zu sehen (COTTA 1965, COTTA, PUHL 1976).

Aus dem in seiner Oberflächenbeschaffenheit veränderten Gelenkknorpel werden die sogenannten "Irritationsfaktoren" freigesetzt, die an der synovialen Gelenkkapsel eine Synovitis mit Ödem und Exsudation hervorrufen können (OTTE 1971). Die dabei auftretenden Schmerzen sind Folge einer metabolischen Azidose und/oder einer Kininfreisetzung. Die Kinine verstärken auch durch Störung der Kapillarpermeabilität das Kapselödem und führen damit zu weiteren Ernährungsstörungen des gesamten Gelenkes. Darüberhinaus verursacht eine vermehrte Leukozytenemigration erhöhte Enzymaktivitäten mit Steigerung der Kapselentzündung und des Knorpelabbaus.

Auch eine Phagozytose dieser molekularen Substanzen und Partikel mit anschließender Lysosomenbildung durch die Synovialiszellen ist möglich. Die phagozytierenden Zellen gehen meistens zugrunde und setzen dabei Lysenzyme frei, die ihrerseits die Degeneration des Gelenkknorpels fördern.

Die Ausheilung von Reizzuständen der Gelenkkapsel hinterläßt häufig Narben, die eine Störung der Kapselfunktion bedingen. Hierbei kommt es meist zu einer vermehrten Sekretion der Gelenkflüssigkeit mit nachfolgender Ergußbildung im Gelenk, was den pathologischen Mechanismus weiterhin unterhält.

Die posttraumatischen Knorpelveränderungen werden in einem hohen Maße auch durch ein chronisches Mißverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit verursacht. Eine solche mechanische Überbeanspruchung tritt auf, wenn nach intraartikulären Frakturen Inkongruenzen der Gelenkfläche vorliegen. Zunächst wird der Knorpel darauf mit einer Dickenzunahme reagieren, die aber durch die Möglichkeiten der Knorpeltrophik limitiert wird (COTTA, PUHL 1976). Letztlich kommt es dann doch zu regressiven Veränderungen im Bereich stärkster Druckeinwirkung mit Verlust an Knorpel-

matrix und Freilegung der Kollagentexturen.

Nicht ausreichend unterfütterte Spongiosadefekte nach Impressionsfrakturen führen bei Belastung rasch zu einer muldenförmigen Deformierung, die eine mechanische Fehlbelastung nach sich zieht (FRIEDEBOLD 1972). Auch eine insuffiziente Bandführung kann sich schädigend auf das Gelenk auswirken (DEBEYRE, ARTIGOU 1973).

Eine Zerstörung des Gelenkknorpels ist auch schon bei der Einwirkung physiologischer Belastungen möglich, wenn der Knorpel vorgeschädigt und dadurch in seiner mechanischen Belastbarkeit herabgesetzt oder wenn der Gelenkschmiermechanismus unzureichend ist.

Bei Arthrosen führt die Viskositätsänderung der Synovialflüssigkeit zu einer herabgesetzten Schmierfähigkeit (GREILING et al. 1966), welche eine erhöhte Belastung der artikulierenden Flächen bedingt und so zu ihrem mechanischen Verschleiß führen kann. Außerdem kommt es durch Verkürzung der Diffusionsreichweite im Knorpel zu Nährschäden in tieferen Knorpelschichten (UEHLINGER 1972).

Die nach intraartikulären Frakturen häufig vorgenommene Immobilisierung bewirkt eine Minderung der Kapseldurchblutung und begünstigt damit eine weitere trophische Schädigung der Knorpelzellen (HARRISON et al. 1953, GOERTHLER 1959, MATTHIASS 1965, MATTHIASS, GLUPE 1966, PUHL 1974). Aber auch die Minderbelastung des ruhiggestellten Gelenks kann zur Degeneration führen, da die für die Knorpelernährung wichtige Wechseldruckbelastung weitgehend aufgehoben ist (HARRISON et al. 1953, MC CUTCHEN 1967, MAROUDAS et al. 1968, DUSTMANN, SCHULITZ 1975).

Bei der Arthroseentwicklung können auch immunologische Reaktionen und eine genetische Disposition nicht ausgeschlossen werden.

Neben den degenerativen laufen am Gelenkknorpel auch regenerative Prozesse ab. Ein vom subchondralen Knochen ausgehendes Granulationsgewebe kann Knorpeldefekte ausfüllen.

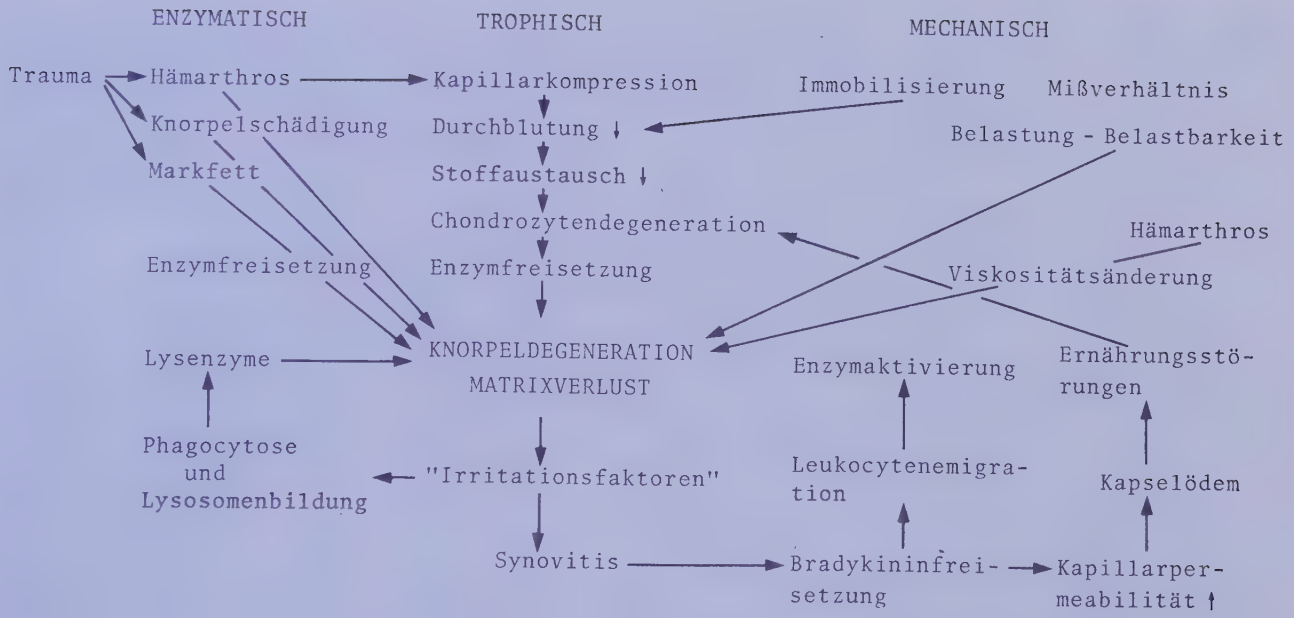

Abb. 1 Pathogenese und Pathophysiologie der posttraumatischen Arthrose (nach OTTE 1971 und DUSTMANN, SCHULITZ 1975).

Unter geeigneter Belastung ist eine metaplastische Umwandlung in Faserknorpel möglich (SCHULITZ et al. 1973, DUSTMANN et al. 1974).

OTTE (1971) unterscheidet zwischen einer latenten und einer aktivierten Arthrose. Die latente Arthrose ist gekennzeichnet durch Krepitation und endgradige Bewegungseinschränkungen, während bei der aktivierten Form infolge der Synovitis noch Schmerzen und reflektorische Dysfunktion hinzukommen. Der Übergang von der einen in die andere Form ist jederzeit möglich, die Zustandsänderung des Gelenkes ist reversibel.

Die Aktivität der Arthrose scheint u.a. vom Erosionsgrad der Knorpeloberfläche abhängig zu sein (OTTE 1971). Kommt z.B. nach völligem Verlust der Knorpeldecke der sklerosierte Knochen an die Oberfläche, so ist der Aktivitätsgrad relativ gering, d.h. man befindet sich in einer vergleichsweise harmlosen Phase der Arthrose.

Dies dürfte auch ein Grund dafür sein, daß Patienten trotz Vorliegen von morphologischen und röntgenologischen Kriterien einer Arthrose oft ohne wesentliche Beschwerden sind.

Aus den vorangehenden Erörterungen geht hervor, daß jede traumatische Schädigung des Gelenkknorpels und/oder der Gelenkkapsel einen Circulus vitiosus auslöst, der zur Entstehung einer posttraumatischen Arthrose führt. Maßgeblich sind an dieser Entwicklung enzymatische, trophische und mechanische Faktoren beteiligt.

2.2.2 Stadien der Arthrose

Um für die Beurteilung der Arthrose auf Röntgenbildern eine einheitliche Bezeichnung zu haben, wurde eine Einteilung nach JONASCH (1964) und MOHING (1966) in vier Schweregrade vorgenommen:

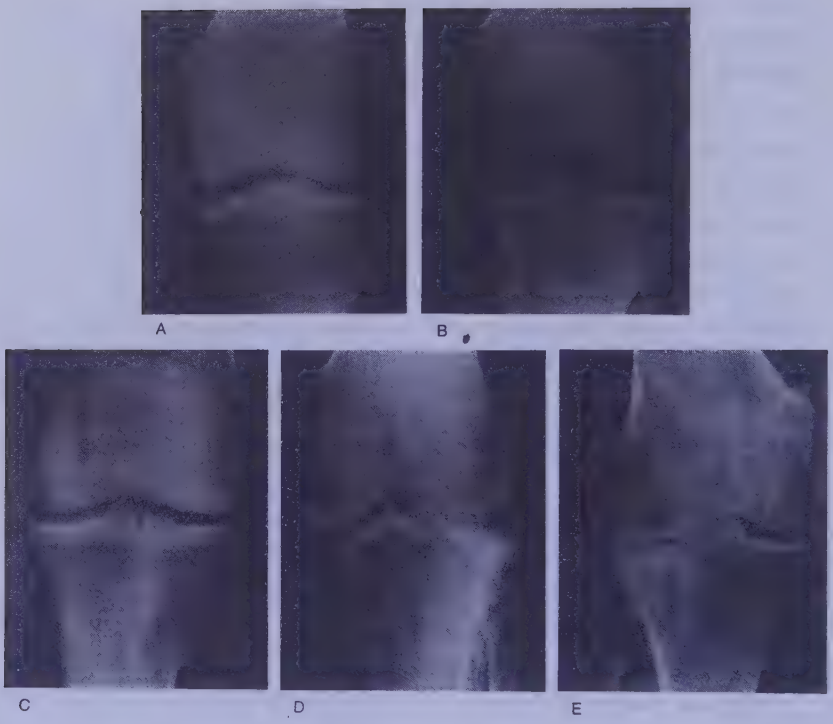

Abb. 2 Stadien der Arthrose: (A) keine Arthrose, (B) Schweregrad I, (C) Schweregrad II, (D) Schweregrad III, (E) Schweregrad IV.

Schweregrad I : Leichte marginale Osteophytenbildung, leichte Entrundung der Gelenkränder und feine Ausziehungen der Eminentia intercondylica.

Schweregrad II : Randwulstbildungen bis zu einem Breitendurchmesser von 5 mm, Entrundung der Gelenkflächen, spitze Ausziehungen der Eminentia intercondylica.

Schweregrad III: Randwulstbildungen mit einem Breiten-

durchmesser von über 5 mm, wobei der Gelenkspalt noch nicht verschmälert ist.

Schweregrad IV : Gelenkspaltverschmälerung unabhängig von der Größe der Randwulstbildung, mächtige Konsolenbildung, subchondrale Sklerose.

2.3 Ursachen und Formen der Tibiakopffrakturen

Aufgrund der anatomischen Besonderheiten am Kniegelenk - Valgusposition, äußere Femurkondylenform und schwächere Trabekelstruktur des lateralen Tibiakopfes - ist die laterale Konsole bei Tibiakopffrakturen häufiger betroffen als die mediale (ANGER et al. 1968, ROBERTS 1968, THIELE 1968, ZIFKO, VLASICH 1969, HENKERT et al. 1970, COURVOISIER 1973, RASMUSSEN 1973b). Kombinierte axiale und valgisierende Kräfte führen zur lokalen Impression, zur Depression der ganzen Konsole oder zur kombinierten Frakturform. Stoßstangenverletzungen bei Fußgängern basieren größtenteils auf diesem Unfallmechanismus. Abhängig von der Größe der Gewalteinwirkung kommt es zur Fibulaköpfchenfraktur und/oder Innenbandruptur und damit zu stärkerer Dislokation der Fragmente. Experimentelle Untersuchungen von HULTEN (1929) sowie KENNEDY und BAILEY (1968) haben die Bedeutung der valgisierenden Kraft bei kombinierten Impressions-Spaltfrakturen bestätigt. Die Lokalisation der Fragmente - frontal, zentral oder dorsal - ist vom Beugegrad des Kniegelenkes abhängig (ANDREESEN 1955, THIELE 1968). Für den Umstand, daß vordere Depressionen meist weniger abgesunken sind als mittlere und hintere, macht RASMUSSEN (1971) die anatomische Form der Fossa intercondylica mitverantwortlich. Reine Spaltfrakturen können durch Hyperextension und axiale Gewalteinwirkung erzeugt werden (HULTEN 1929).

Forcierte Adduktion in Verbindung mit größeren, axial wirkenden Kräften führt eher zu medialen Tibiakopffrakturen

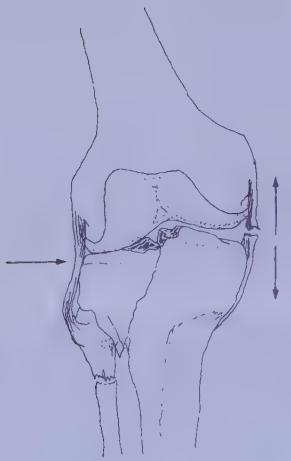

Abb. 3 Laterale Tibiakopffraktur durch valgisierende Kraft.

(HIRSCH, SULLIVAN 1965, KENNEDY, BAILEY 1968). Medial werden Abspaltungen und Depressionen der ganzen Konsole häufiger als lokale Impressionen gefunden (HOLZ 1975b). Die Fragmentlokalisation ist wiederum vom Grad der Kniegelenksbeugung abhängig (THIELE 1968). Für bikondyläre Frakturen scheint der axial einwirkenden Kraft die größte Bedeutung zuzukommen (HOLZ 1975b).

Schienbeinkopfbrüche aus sogenannter "Gelegenheitsursache" können entstehen (GREINEMANN 1970), wenn es in Beugestellung des Kniegelenkes bei entspannten Seitenbändern durch unkoordinierte Drehbewegungen ohne äußere Krafteinwirkung zu einem Verkanten der Femurkondylen kommt und dabei auf kleinster Fläche enorme Druckbelastungen einwirken (GROH, WEINMANN 1962).

Die geschilderten Entstehungsmechanismen der Tibiakopffrakturen treffen am ehesten für Stoßstangenverletzungen bei Fußgängern und irgendwelche Sturzbewegungen zu. Bei

der ständig zunehmenden, großen Zahl der Verkehrsunfälle und beim Sturz aus größeren Höhen ist wegen der komplexen Unfallmechanismen die Analyse des überwiegend einwirkenden Kraftvektors dagegen kaum möglich (BÖHLER 1965, THIELE 1968, DOVEY, HEERFORD 1971, LUCHT, PILGAARD 1971, WILHELM et al. 1971, MUGGLER et al. 1975, PERSCH, BIRKNER 1975, BAUMANN, ZIEGLER 1976). Eine Einteilung der Tibiakopffrakturen nach den Entstehungsmechanismen erscheint daher nicht sinnvoll.

Die Verschiedenartigkeit der Frakturformen am Tibiakopf hat zu immer neuen Klassifizierungen veranlaßt, die sich einerseits an morphologischen, andererseits an topographisch-anatomischen Gesichtspunkten orientiert haben (HOHL, LUCK 1956, DUPARC, FICAT 1960, MERLE D'AUBIGNE, MAZAS 1960, CHALNOT et al. 1964, ENDER 1965, ROBERTS 1968, THIELE 1968, SCHAUWECKER, WELLER 1970, RASMUSSEN 1971, COURVOISIER 1973).

HOLZ (1975b) hält eine Einteilung nach Frakturtypen für eine unabdingbare Voraussetzung, um für die Nachuntersuchung und Beurteilung der Therapie eine definierte Ausgangssituation zu haben. Eine solche Klassifizierung der Tibiakopffraktur soll einfach, d.h. überall praktikabel, und mit den üblichen diagnostischen Maßnahmen klar definierbar sein. Außerdem soll sie der Variationsbreite der Erscheinungsformen dieser Gelenkfraktur gerecht werden und sich am Ausmaß der Gelenkflächenzerstörung orientieren.

Diesen Anforderungen werden die von oben genannten Autoren vorgeschlagenen Schematisierungen alle jedoch nur mit Einschränkungen gerecht. Am ehesten werden sie von der von HOLZ (1975b) empfohlenen Einteilung erfüllt, welche auch für die vorliegende Arbeit als Klassifikationsschema übernommen wird. Er unterscheidet:

I. Monokondyläre Frakturen
II. Bikondyläre Frakturen
III. Spaltfrakturen
IV. Depressionsfrakturen

V. Impressionsfrakturen
VI. Kombinierte Frakturformen

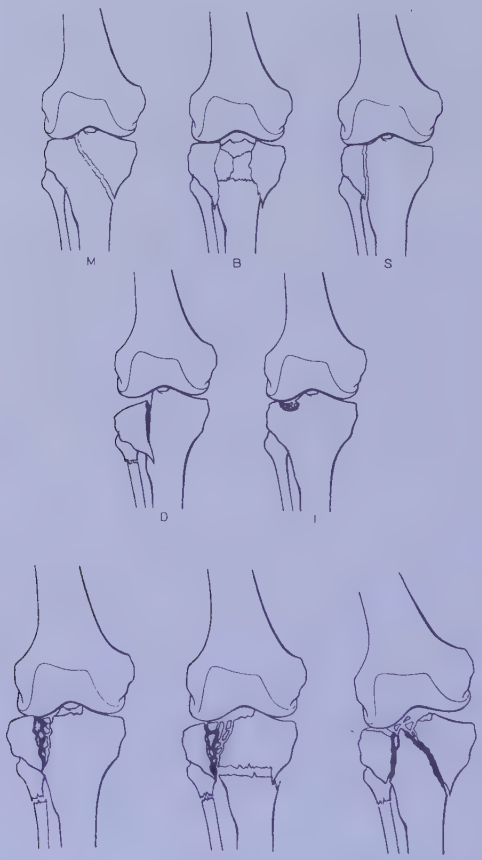

Abb. 4 Tibiakopffrakturen: M monokondylär, B bikondylär, S Spaltfraktur, D Depressionsfraktur, I Impressionsfraktur, kombinierte Frakturformen (HOLZ 1975b).

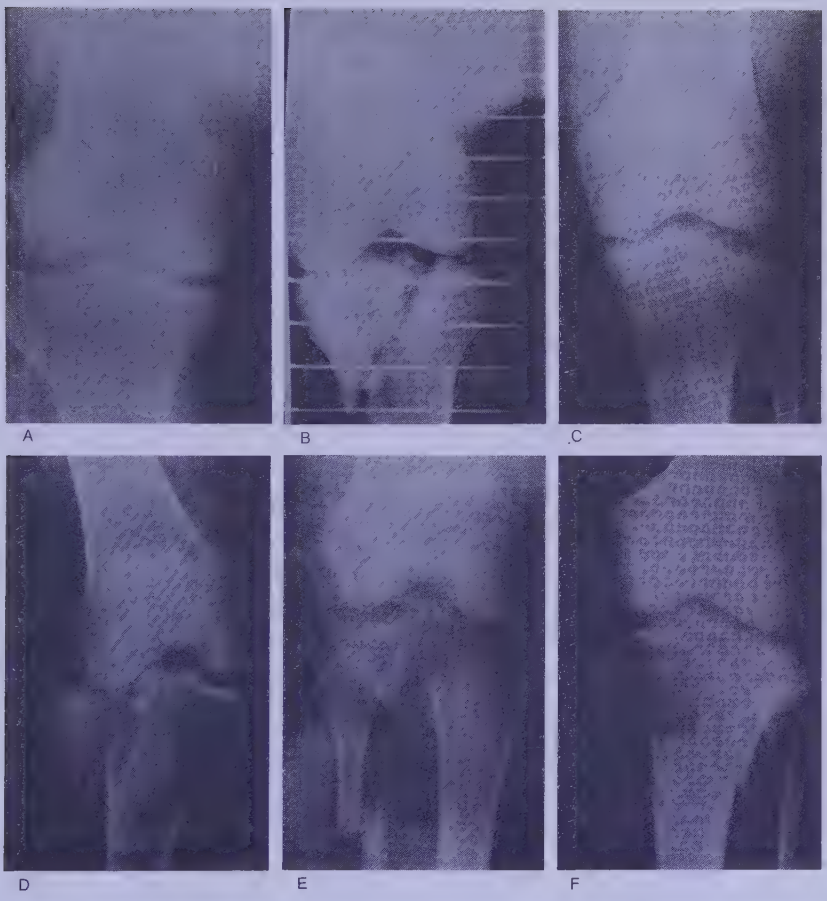

Abb. 5 Frakturformen: (A) Spaltfraktur, (B) Depressionsfraktur, (C) Impressionsfraktur, (D) kombinierte Frakturform monokondylär, (E, F) kombinierte Frakturformen bikondylär (Trümmerfrakturen).

Die Trümmerbrüche werden dabei zu den kombinierten Frakturformen gerechnet. Ausrisse der Eminentia intercondylica werden bei den örtlichen Begleitverletzungen berücksichtigt, da der Interkondylenhöcker nicht zu den tragenden Gelenkflächen gehört und daher für die Spätbeurteilung eine andere Rolle spielt als Frakturen direkt im tragenden Gelenkniveau.

Bei Jugendlichen sind darüberhinaus noch die Epiphysenfrakturen der proximalen Tibia anzuführen, bei denen AITKEN (1936) drei Typen unterschieden hat. Wachstumsstörungen sind dabei am häufigsten beim Frakturtyp III zu erwarten. Außerdem müßten noch die sehr seltenen Ausrißfrakturen der Tuberositas tibiae erwähnt werden (WATSON-JONES 1955, HAND et al. 1971, SCHWARZKOPF et al. 1980).

Unabhängig vom Frakturtyp können noch geschlossene und offene Frakturen unterschieden werden. In der Literatur wird das Auftreten von geschlossenen Frakturen etwa zwanzigmal häufiger beschrieben als von offenen (DUPARC, FICAT 1960, ROBERTS 1968, THIELE 1968, ZIFKO, VLASICH 1969, COURVOISIER 1973).

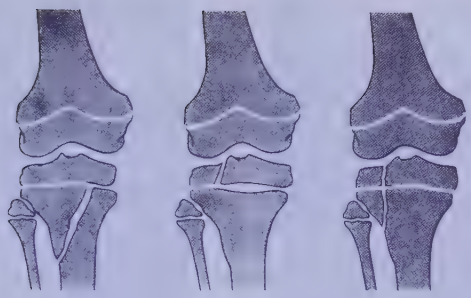

Abb. **6** Epiphysenfrakturen nach AITKEN, Typ I - III (HOLZ 1975b).

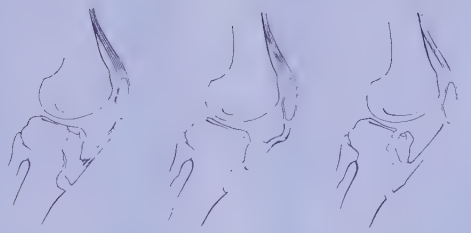

Abb. **7** Ausrißfrakturen der Tuberositas tibiae nach WATSON-JONES (HOLZ 1975b).

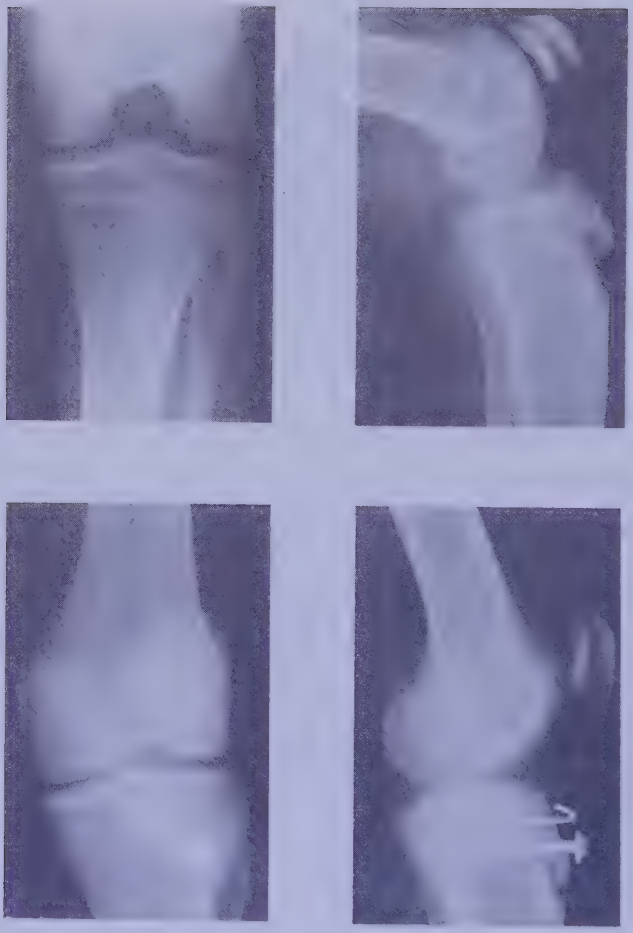

Abb. 8 Ausrißfraktur der Tuberositas tibiae bei 16jährigem Patienten. Unfallaufnahmen und 12 Tage nach operativer Versorgung, Funktion frei.

2.4 Begleitverletzungen

Der enge anatomische und funktionelle Zusammenhang der ossären und ligamentären Strukturen des Kniegelenkes ist verantwortlich dafür, daß Tibiakopffrakturen häufig nicht isoliert auftreten. Die Auswirkungen des Traumas sind aber sehr unterschiedlich in Bezug auf ihre Schwerpunkte. Hohe Gewalteinwirkungen werden in der Regel jedoch zu komplexen Schädigungen führen (RÜTER et al. 1978).

Fibulaköpfchenfrakturen sind eine relativ häufig auftretende Nebenverletzung. Sie werden bei ca. 20 % aller Tibiakopffrakturen beobachtet (DUPARC, FICAT 1960, THIELE 1968, COURVOISIER 1973).

Frakturen der Eminentia intercondylica spielen für das Gelenk eine andere Rolle als Frakturen der tragenden Gelenkflächen. Daher werden sie zu den Begleitverletzungen gerechnet. THIELE (1968) findet sie am häufigsten bei monokondylären Depressionsfrakturen.

Die Feststellung von Seitenbandrupturen kann mit konservativen Maßnahmen erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Über die Häufigkeit ihres Auftretens werden in der Literatur unterschiedliche Angaben gemacht. Bei überwiegend operativ versorgten Frakturen sehen ROBERTS (1968), WILPPULA und BAKALIM (1972) sowie COURVOISIER (1973) eine Seitenbandläsion in etwa 10 % der Fälle. DUSTMANN und SCHULITZ (1973) dagegen finden Seitenbandverletzungen bei bis zu 50 % der Frakturen. Interligamentäre Kreuzbandläsionen werden relativ selten beobachtet. Die nach Tibiakopffrakturen oft imponierende Instabilität des Kniegelenkes wird in den meisten Fällen der Fraktur selbst und nicht begleitenden Bandverletzungen zuzuschreiben sein.

Meniskusverletzungen werden von NICOLET (1965) lateral bei 90 %, medial bei 20 % der von ihm durchgeführten Arthrotomien gefunden. Die Anatomie des lateralen Meniskus und die häufigeren Frakturen der lateralen Konsole dürften diese prozentualen Unterschiede erklären. Bei anderen Autoren

liegen die Angaben über Meniskusverletzungen jedoch wesentlich niedriger, und zwar zwischen 12,5 und 32,8 % (PFAEHLER 1962, THIELE 1968, ZIFKO, VLASICH 1969, COURVOISIER 1973, DUSTMANN, SCHULITZ 1973).

Patellafrakturen und Verletzungen des Lig. patellae treten selten auf.

Die großen Gefäße und Nerven sind in der Kniekehle vor Verletzungen bei Tibiakopffrakturen gut geschützt. Trotz seiner engen Nachbarschaft zum Fibulaköpfchen wird der N. peronaeus selten geschädigt. Läsionen der A. poplitea kommen nur nach schweren Luxations- und Trümmerfrakturen vor. Insgesamt treten Gefäßverletzungen noch seltener auf als Nervenschädigungen (CONNOLLY et al. 1971, WILHELM et al. 1971, COURVOISIER 1973).

2.5 Diagnostik

Brüche am oberen Schienbeinende wurden erstmals von BOYER (1819) und RICHTER (1828) erwähnt. Vor Entdeckung der Röntgenstrahlen war ihre Diagnostik nur an Hand klinischer Symptome oder durch Sektionsbefunde möglich. Fehlende Krepitation und meist nur geringe Verschiebung erschwerten die Diagnosestellung, wie MALGAIGNE (1850), RAVOTH (1856) und HUSSA (1858) betonten. Die Beschreibung einzelner Frakturtypen erfolgte nach Sektionsbefunden (MALGAIGNE 1850, WALTHER 1852, WAGNER 1887, ALBERS 1894, HELFERICH 1896, zit. b. THIELE 1968). Mit Zunahme der Röntgendiagnostik vergrößerte sich die Zahl der Fälle und der systematischen Einteilungen durch die Autoren (SONNTAG 1906, TANTON 1916, HULTEN 1929). Überlegungen zu den Unfallmechanismen wurden teilweise schon durch experimentelle Untersuchungen untermauert (CUBBINS et al. 1929, HULTEN 1929). Die Bedeutung der Tomographie in der Röntgendiagnostik von Frakturen und Luxationen hatte JANKER (1937) zuerst erkannt, wodurch be-

sonders in der Diagnostik von Impressionsfrakturen ein großer Fortschritt erzielt wurde.

Wesentliche Merkmale der Tibiakopffrakturen sind die Verletzung der Gelenkfläche mit Verschiebung der Fragmente, die Knorpelläsion, die Verbreiterung des Plateaus, Band- und Meniskusbegleitverletzungen und Störungen der komplexen Biomechanik und Kinematik des Kniegelenkes (MUGGLER et al. 1978).

Klinisch findet man bei der Mehrzahl der Frakturen einen ausgedehnten Hämarthros. Wird der Gelenkerguß abpunktiert, so sind Fettaugen auf der Punktatoberfläche ein Hinweis auf Verletzungen der knöchernen Strukturen (MUHR 1976). Meist imponiert auch ein Abweichen der Beinachse und eine schmerzhaft eingeschränkte Beweglichkeit im Gelenk. Weichteilverletzungen können Hinweise auf direkte Gewalteinwirkungen geben. Bei schweren Zerreißungen des Kapselbandapparates kann der Hämarthros in die umgebenden Weichteile drainiert werden, so daß Manipulationen am Kniegelenk erstaunlich wenig Schmerzen auslösen können (RÜTER et al. 1978). Besteht der Verdacht auf eine Fraktur, so sollten vor irgendwelchen Manipulationen am Kniegelenk, die die Gefahr der Fragmentverschiebung beinhalten, Röntgenaufnahmen angefertigt werden.

Bei konventionellen Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen hat sich im ap-Strahlengang die Aufnahmetechnik nach KRÖMER bewährt (SCHAUWECKER, WELLER 1970), die durch Neigung der Röntgenröhre oder Unterlegen eines festen Kissens in die Kniekehle die richtige Projektion des um 14 $\pm$ 3,6 Grad nach hinten unten geneigten Tibiaplateaus erlaubt (MOORE, HARVEY 1974). Eine bessere Beurteilung des Ausmaßes der Fraktur und der Größe der Fragmente kann durch zusätzliche Schrägaufnahmen des Kniegelenkes in 45 Grad Innen- und Außenrotation erreicht werden (HAFNER, MEULI 1975, PÄSSLER, WAGENMANN 1976, EL-KHOURY, MC WILLIAMS 1978).

Zur genauen Erfassung der Größe und Lokalisation von Defekten sowie der subchondralen Schicht sind jedoch nur Schicht-

aufnahmen geeignet (JUNGHANNS 1953, SCHAUWECKER, WELLER 1970, HENKEMEYER et al. 1972, DUSTMANN, SCHULITZ 1973, MUHR, BÜTTNER 1974, SARVESTANI 1975, BALTENSWEILER 1976, BIRKNER, PERSCH 1976, ELSTROM et al. 1976, MÜLLER, AHLERS 1976, PÄSSLER, WAGENMANN 1976, WALCHER 1976, MUGGLER et al. 1978, NEWBERG, GREENSTEIN 1978). In der Begutachtung und Beurteilung von Spätergebnissen leistet die Tomographie ebenfalls wertvolle Hilfe (PERSCH, BIRKNER 1975, WITT 1976). Aber auch dieser Technik sind Grenzen gesetzt. Experimentelle Untersuchungen von PLAUE und NIETHARD (1976) ergaben, daß Impressionen von weniger als 5 mm auch mit dem Schichtaufnahmeverfahren nicht dargestellt werden können.

Interkondyläre Aufnahmen nach FRIK (1932) erlauben eine noch bessere Beurteilung der Eminentia intercondylica. Die Feststellung von Achsenfehlern macht gelegentlich Ganzaufnahmen der unteren Extremität mit Vergleich der Gegenseite erforderlich.

Knorpelläsionen aber, die für die Prognose von größter Bedeutung sind, können auch im Röntgenbild nicht sichtbar gemacht und damit nicht beurteilt werden.

Der Doppelkontrastarthrographie, der Arthroskopie sowie Szintigrammen des Tibiakopfes kommt bei der Beurteilung frischer Tibiakopfbrüche bestenfalls eine unterstützende Aussagekraft zu (ANDERSON et al. 1976, HIEBLER 1976, MOLLOWITZ, THIEMANN 1976, WRUHS 1976, RÜTER et al. 1978).

Problematisch gestaltet sich oft die Diagnose von Nebenverletzungen, da sich gehaltene Aufnahmen bei Frischverletzten verbieten (ZECH 1974). Wegen Schmerzen, Schwellungen der Weichteile und leicht verschieblichen Fragmenten lassen sich Bandverletzungen häufig nicht primär diagnostizieren. Depressionen und Impressionen können durch eine falsche Beweglichkeit des Gelenkes in diesem Bereich eine Bandinsuffizienz vortäuschen (RÜTER et al. 1978). Die Prüfung des Bandapparates muß daher nach Abschluß der Osteosynthese bei wiederhergestelltem Tibiaplateau vor Ver-

schluß der Weichteile erfolgen (RÜTER, BURRI 1975).

Das Ausmaß möglicher Meniskusverletzungen wird in der Regel auch erst intraoperativ erkannt. Bei konservativer Therapie kann es bei entsprechender Symptomatik sekundär durch Arthrographie und Arthroskopie dargestellt werden (MUGGLER et al. 1978).

Eine traumatische Peronaeusläsion sollte aus forensischen Gründen immer schon im Aufnahmestatus festgehalten werden (HOFMANN 1978). Differentialdiagnostisch ist dabei immer an ein ischämisches Tibialis-anterior-Syndrom zu denken, welches sofortige therapeutische Konsequenzen hat. Die Unterscheidung beider Verletzungen erfolgt durch die bei jeder Fraktur obligate Prüfung der peripheren Pulse. Der geringste Verdacht auf eine Gefäßschädigung stellt eine Indikation für die Angiographie dar (RÜTER, BURRI 1975).

2.6 Therapie

2.6.1 Historische Entwicklung

Die Behandlung von Tibiakopffrakturen erfolgte ganz zu Anfang durch Lagerung des verletzten Beines zwischen Kissen und in Beinladen verschiedenster Art. Wegen beobachteter Einsteifungen des Kniegelenkes wurde empfohlen, derartige Brüche in Streckstellung zu lagern (RICHTER 1828, MALGAIGNE 1850, RAVOTH 1856, HUSSA 1858). Später erfolgte die Ruhigstellung des verletzten Gelenks im Gipsverband (GURAU 1895, LININGER 1895, zit. b. THIELE 1968). Manche Autoren legten auch eine Zinkleim-Dauerextension an oder kombinierten beide Maßnahmen (WAGNER 1887, ALBERS 1894, HELFERICH 1896, GÜMBEL 1910, zit. b. THIELE 1968). Die Fixationszeit betrug im allgemeinen 6 - 8 Wochen. Gegen jede Ruhigstellung und für frühzeitige Bewegungsübungen sprach sich ZANDER schon 1909 aus (zit. b. THIELE 1968).

Die Möglichkeit einer operativen Einrichtung von schweren Frakturen soll LINDNER (zit. b. REICHMANN, KEITEL 1967) bereits 1881 in Betracht gezogen haben. Durchgeführt wurde die offene Einrichtung eines Schienbeinkopfbruches dann von RIEDL 1907. Über erste Erfolge bei der operativen Hebung der Gelenkfläche sowie der Spanunterfütterung zur Anhebung eines imprimierten Fragmentes berichteten KATZENSTEIN (1914) und LEXER (1932).

Zur Unterfütterung nach Hebung des Imprimats wurden vielfältige Materialien empfohlen, wie z.B. Gipsplomben, Elfenbeinbolzen, Knochenspäne oder die Patella als autoplastisches Transplantat (HULTEN 1929, 1932, BECKER 1934, BUTTERMANN 1937, WILSON, JACOBS 1952, TITZE 1962, BRÜCKNER 1967, RICHTER, HÖFER 1969).

Die Befestigung der abgespaltenen Fragmente am Tibiakopf erfolgte zuerst mit Nägeln, dann mit Holzschrauben, Schienbeinspänen oder Drahtnähten und schließlich mit Metallschrauben (LEXER 1932, BECKER 1934, KAPPIS 1934, KUMMER 1935, LEHMANN 1936, BÖHLER 1957). Die von ANDREESEN (1938) und SCHÜRCH und ACKERMANN (1944) entwickelten, Doppelgewinde tragenden Drähte bzw. Bolzen hatten viele Anhänger gefunden. Auch die perkutane Anwendung von mehreren gekreuzten Bohrdrähten soll schon zu stabilen Osteosynthesen geführt haben.

Diese Vielfalt an Materialien scheint teilweise dadurch bedingt gewesen zu sein, daß neben erfreulichen Resultaten häufig auch beträchtliche Mißerfolge auftraten. Denn viele Frakturen wurden oft erst dann durch Osteosynthese angegangen, wenn sie konservativ nicht oder nur unzureichend reponibel waren (ENDER 1955, 1965, HOHL, LUCK 1956, VICK 1965).

Aber auch durch konservatives Vorgehen sind teilweise vorzügliche Behandlungsergebnisse erzielt worden (HOHL, LUCK 1956, BÖHLER 1957, MOURGUES, CHAIX 1964, MOURGUES et al. 1969, HENKERT et al. 1970, JAHNA et al. 1976, THIELE 1976). Die gelegentliche Unzulänglichkeit dieser Behandlungsform

wurde von ihren Anhängern allerdings nie bestritten. Sie reponierten nämlich recht häufig mittels perkutan eingeführter Steinmann-Nägel oder fixierten ihre Repositionsergebnisse durch Drahtspickungen bzw. Minimalosteosynthesen mit Schrauben (ENDER 1955, 1965, BÖHLER 1957, BÖHLER 1965). Schlechte Ergebnisse nach konservativer Therapie waren nach ENDER (1965) neben der Schwere der Bruchform vor allem auf Meniskusmitverletzungen und Bandzerreißungen, ungenügende Reposition und Fixation zurückzuführen.

Fortschritte auf dem Gebiet der Osteosynthesetechnik durch die "Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen" (AO), die ein metallurgisch und mechanisch einwandfreies Instrumentarium entwickelte und besonders die Platten- und Schraubenosteosynthese methodisch ausbaute, haben eine entscheidende Wendung in der Knochenbruchbehandlung gebracht und die operative Therapie zusammen mit der frühfunktionellen Nachbehandlung immer mehr in den Vordergrund gestellt (KUSS, FELDER 1965, KUSS 1967, JÄGER et al. 1970, DOVEY, HEERFORDT 1971, HEERFORDT, MOURITZEN 1971, WILHELM et al. 1971, LINKE 1972, SCHMIT-NEUERBURG 1972, KÜHR et al. 1974, MUHR, BÜTTNER 1974, ECKE 1975, MUGGLER et al. 1975, SPIER, BURRI 1975, SPIER, RÜTER 1975, KRIEG et al. 1976, NONNEMANN 1976, MÜLLER et al. 1977). Durch die operative Behandlung sind insbesondere bei den Depressions- und Impressionsfrakturen und den Nebenverletzungen bessere Ergebnisse erzielt worden (PFAEHLER 1962, EISENBACH 1967, FRYJORDET 1967, BAKALIM, WILPPULA 1973, MÜLLER, THELEN 1976, SCHULITZ, DUSTMANN 1976).

2.6.2 Behandlungsverfahren

Als Behandlungsziel der Tibiakopffraktur hat BÖHLER (1957) "ein gerades Bein und ein standfestes Knie mit einer möglichst großen schmerzfreien Beweglichkeit aus der vollen Streckung heraus" gefordert.

Will man dieses Ziel durch operatives Vorgehen erreichen, so muß die Indikationsstellung individuell und sehr kritisch erfolgen, denn ein mangelhaft operiertes Gelenk erleidet mehr Schaden und bringt größere Nachteile als ein nicht operiertes (SCHAUWECKER, WELLER 1970). Voraussetzung ist immer eine entsprechende Erfahrung des Operateurs sowie die Gewährleistung einer qualifizierten Nachbehandlung (KUSS 1966).

Gelingt die operative Rekonstruktion, so resultieren daraus primäre Übungsstabilität ohne Gipsfixation, Sofortmobilisation und damit gute Ernährungsbedingungen für den Gelenkknorpel, verminderter Muskelschwund, frühere Wiedererlangung guter Bewegungsausschläge und kurze Hospitalisationsdauer (MUGGLER et al. 1978).

Operiert werden sollten alle verschobenen Tibiakopffrakturen, während undislozierte Spaltbrüche durchaus konservativ behandelt werden können (RÜTER, BURRI 1975). Indiziert ist ein konservatives Vorgehen außerdem bei schlechter Weichteil- und Allgemeinsituation des Patienten (ALLGÖWER 1971, WILHELM et al. 1971, MUHR, BÜTTNER 1974, SPIER, RÜTER 1975, RÜEDI 1976, MÜLLER et al. 1977).

Bei der konservativen Behandlung wird entweder im Oberschenkelgipsverband ruhiggestellt oder eine Extension angelegt. Durch Verankerung des Steinmann-Nagels in der distalen Tibia statt im Calcaneus wird dabei der Bandapparat des Sprunggelenks weniger überdehnt (HOFMANN 1978). Auch die Kombination von Extension und anschließendem Gipsverband ist möglich. Bis zur tragfähigen Konsolidierung der Fraktur vergehen in der Regel 6 - 8 Wochen. Spätestens nach vier- bis sechswöchiger Ruhigstellung sollte schon mit

aktiven Bewegungsübungen unter Entlastung begonnen werden, um eine funktionelle Restitution herbeizuführen (BALTENSWEILER 1976).

Günstiger hinsichtlich der Vermeidung späterer Bewegungseinschränkungen erscheint die frühfunktionelle Behandlung, bei der nach möglichst kurzer Ruhigstellung sofort mit Bewegungsübungen ohne Belastung begonnen wird (DUSTMANN, SCHULITZ 1973). Bewährt hat sich hierfür die schwerelose Gelenkbewegung auf der Frankfurter-Bewegungsschiene (BIMLER 1968).

Ein bestehender Hämarthros sollte sowohl bei konservativer Therapie als auch bei jeder Verzögerung der Operation möglichst bald unter sterilen Verhältnissen abpunktiert werden, um die gespannte Haut zu entlasten und Knorpelschädigungen vorzubeugen (ANDREESEN 1955, DUSTMANN, PUHL 1972, SPIER, BURRI 1975, BALTENSWEILER 1976). Das Vorliegen eines Kompartment-Syndrom's erfordert die sofortige Faszienspaltung.

Grundsätzlich ist bei operativem Vorgehen eine Frühversorgung anzustreben, weil dadurch die postoperative Komplikationsrate reduziert werden kann (FRYJORDET 1967, NYGA 1970, RÜTER, BURRI 1975, SPIER, BURRI 1975, MÜLLER, THELEN 1976, MUGGLER et al. 1978). Ist dies aus irgendwelchen Gründen nicht möglich, dann zeigen auch frühsekundäre Rekonstruktionen der Fraktur durchaus noch gute Ergebnisse (HIERHOLZER et al. 1975, LECHER 1976).

Offene Frakturen sollten nach ausgedehntem Débridement primär übungsstabil osteosynthetisch versorgt werden. Ist ein spannungsfreier Hautschluß nicht möglich, so empfiehlt sich eine offene Wundbehandlung, weil dadurch das Infektionsrisiko vermindert wird. Später kann der Defekt dann durch eine sekundär-plastische Versorgung gedeckt werden (ROTH et al. 1976, KNAPP, WELLER 1978, HABEKOST et al. 1980).

Der Eingriff selbst erfolgt in pneumatischer Blutsperre

des Oberschenkels. Als operativer Zugang hat sich bei monokondylären Frakturen ein leicht bogenförmig verlaufender Hautschnitt über dem verletzten Kondylus bewährt. Bei bikondylären Frakturen wird ein lateraler Bogenschnitt mit einem kurzen und genügend weit dorsal gelegenen Längsschnitt kombiniert, der bei Bedarf nach distal verlängert werden kann (SPIER, BURRI 1975, MUGGLER et al. 1978). Die Gelenkseröffnung zur Inspektion erfolgt durch quere Kapselinzision unterhalb des Meniskus, welcher später wieder reinseriert wird.

Undislozierte Spaltbrüche stellen nur eine relative Operationsindikation dar. Bei klaffendem Frakturspalt oder beim Wunsch zur frühfunktionellen Nachbehandlung empfiehlt sich jedoch die Fixation durch Spongiosaschrauben mit Unterlagscheiben nach dem Zugschraubenprinzip oder durch eine Abstützplatte (SPIER, RÜTER 1975). Dabei sind Schrauben, die in ihrer Verlaufsrichtung schräg nach oben zur Gelenkfläche hin eingebracht werden, quer eingebrachten Schrauben an Stabilität deutlich überlegen (MÜLLER, AHLERS 1976).

Depressionsfrakturen sollten, sofern keine Kontraindikationen vorliegen, möglichst operativ versorgt werden. Nach der Reposition erfolgt die Fixation zweckmäßigerweise durch eine T- oder L-förmige Abstützplatte, wodurch sekundäre Verschiebungen vermieden werden können (SPIER, MUGGLER 1977). Die Platte selbst sollte etwas zu wenig vorgebogen sein, da dies die Kompression und die Stabilität verbessert. Eine geringe zusätzliche Hebung wird erreicht, wenn nach Einsetzen der beiden oberen Schrauben die Schraube im oberen Pol des Schlitzlochs angezogen wird. Außerdem gewährleistet ein Anlegen der Platte ca. 2 cm unterhalb des Gelenkspalts eine bessere Weichteildeckung (RÜTER, BURRI 1975).

Bei bikondylären Depressionsfrakturen braucht man meist zwei Abstützplatten, zumindest aber eine laterale (SPIER, RÜTER 1975) (Abb. 9). Häufig stabilisiert allein die Zugwirkung der Spongiosaschrauben von lateral her ein mediales

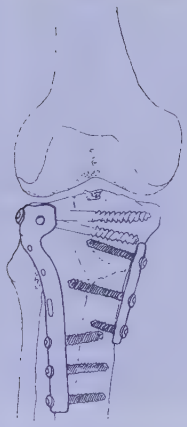

Abb. 9 Plattenosteosynthese bei bikondylärer Trümmerfraktur (vgl. Abb. 10).

Fragment. Eine durchgehende Kortikalisschraube mit medialer Gegenmutter empfiehlt sich gelegentlich bei schwacher Kortikalis (MUGGLER et al. 1978). Zur Vermeidung eines sekundären Absinkens des Fragmentes kann an der distalen Frakturstelle eine zusätzliche Schraube mit Unterlagscheibe eingebracht werden (RÜTER, BURRI 1975) (Abb. 11).

Dislozierte Ausrisse der Kreuzbandhöcker bedürfen aus funktionellen Überlegungen einer operativen Versorgung. Kleinere Fragmente werden durch eine transossäre Drahtnaht, größere Fragmente durch eine von distal nach proximal durch den Tibiakopf eingebrachte Zugschraube retiniert (SPIER, BURRI 1975).

Impressionsfrakturen, deren Einbruchsgebiet in der Belastungszone liegt (RASMUSSEN 1971) oder die bei voller Streckung des Knies eine Instabilität verursachen, bedürfen stets einer operativen Hebung und Unterfütterung. Nur ein tragfähiger Ersatz des Unterbaus läßt eine normale Be-

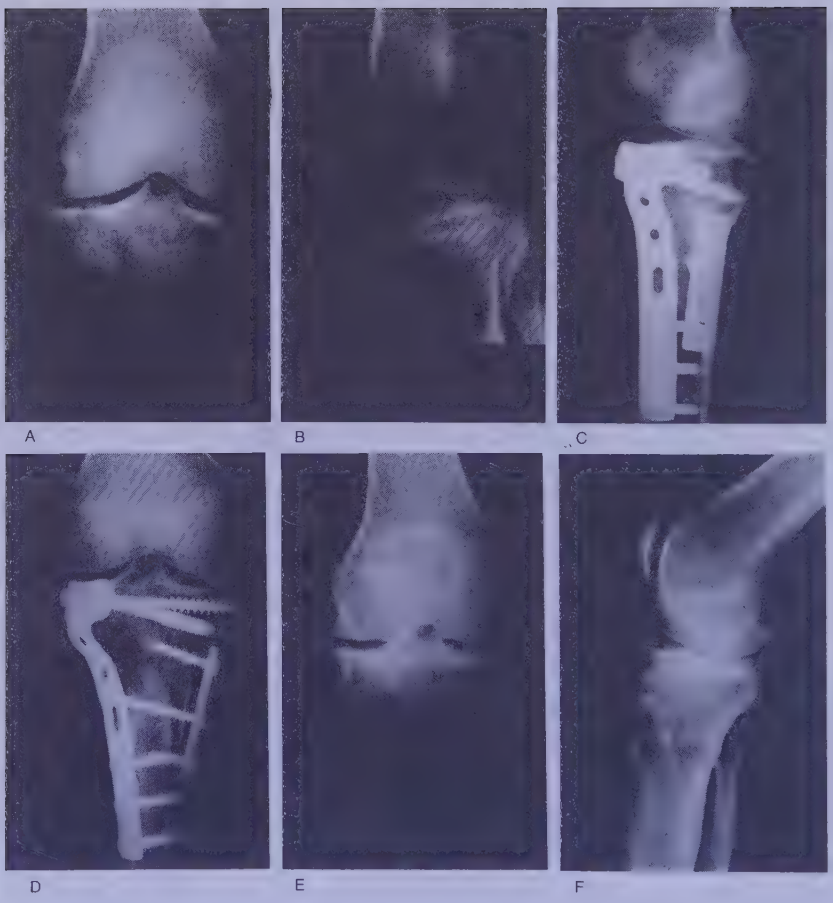

Abb. **10** Pat. A. S., 37 Jahre: Geschlossene Tibiakopftrümmerfraktur (**A, B**). Frühsekundäre Abstützungsosteotomie mit 2 Platten (**C, D**). Ausheilungsergebnis nach 6 Jahren bei freier Funktion und straffer Bandführung, Arthrose II. Grades bei schon vorbestehenden degenerativen Veränderungen (**E, F**).

lastbarkeit zu (SPIER, RÜTER 1975). Zur Unterfütterung verwendet man entweder autologe Spongiosa aus dem Beckenkamm oder homologe Spongiosa aus der Knochenbank, wobei letztere mehr Zeit für Um- und Einbauvorgänge in Anspruch nimmt (RÜTER, BURRI 1975).

Nach Hebung der imprimierten Gelenkfläche unter Sicht in leichter Überkorrektur (SCHAUWECKER, WELLER 1970) wird der durch die Einstauchung entstandene Defekt mit Spongiosa ausgefüllt und das randständige Fragment reponiert. Schließlich ist noch die bewegungsstabile Abstützung mit einer T- oder L-förmigen Platte erforderlich (SPIER, BURRI 1975). Impressionen im hinteren Teil des Tibiakopfes können meist nur durch ein breites Kortikalisfenster 5 - 6 cm

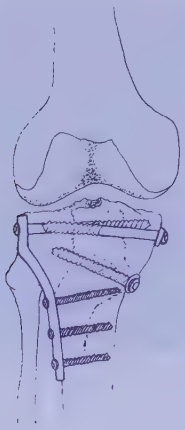

Abb. 11 Platten- und Schraubenosteosynthese bei bikondylärer Trümmerfraktur. St. Galler-Modifikation: Schraube mit Unterlagscheibe an der distalen Frakturstelle verhindert Ausweichen und Abrutschen des Fragmentes. Die Unterlagscheibe übernimmt die Funktion einer Abstützplatte (vgl. Abb. 12).

Abb. 12 Pat. I. N., 46 Jahre: Bikondyläre kombinierte Tibiakopffraktur (**A, B**). Platten- und Schraubenosteosynthese nach guter Rekonstruktion, homologe Spongiosaplastik (**C, D**). Nach 5 1/2 Jahren geringe Sekundärarthrose (Grad I) und freie Funktion bei leichter anteromedialer Instabilität (**E, F**).

distal der Gelenkfläche erreicht werden. Mit einem Stößel schräg durch den Tibiakopf hindurch wird dann das Imprimat ins Gelenk gehoben und mit Spongiosa unterfüttert (SPIER, BURRI 1975).

Kombinierte Frakturformen, zu denen auch die Trümmerbrüche gehören, werden entsprechend den oben angegebenen Richtlinien operiert. Bewährt hat sich gelegentlich zur groben Reposition die Verwendung eines dicken Umschlingungsdrahtes (MÜLLER et al. 1977) sowie die provisorische Fixation der reponierten Fragmente mit Spickdrähten vor der stabilen Osteosynthese.

Epiphysenfrakturen sollten bei Dislokation zur Vermeidung primärer Fehlstellungen und sekundärer Wachstumsstörungen osteosynthetisch versorgt werden. Bei ihrer Behandlung steht nicht Belastungs- oder Übungsstabilität im Vordergrund, sondern eine sichere Adaption der Fragmente. In der Regel wird die Zugschraubenosteosynthese angewandt; muß aber die Fuge selbst gekreuzt werden, hat sich die Kirschner-Draht-Spickung bewährt (WEBER 1964).

Patellafrakturen und Rupturen des Lig. patellae werden durch Zuggurtungsosteosynthese stabilisiert. Abrisse der Tuberositas tibiae versorgt man nach Reposition durch Zugschrauben oder durch eine Zuggurtung (SCHWARZKOPF et al. 1980).

Nach Abschluß der Osteosynthese muß noch die Bandstabilität des Gelenkes geprüft werden. Intraligamentäre Bandrisse werden mit feinem atraumatischen Nahtmaterial adaptiert. Reißt eines der Kreuzbänder an der Insertionsstelle ab, so ist eine transossär geführte Drahtnaht günstig. Abrisse der Seitenbänder am Ansatz werden durch Bohrlöcher reinseriert oder durch Spongiosaschrauben und besondere Unterlagscheiben gesichert (RÜTER et al. 1978).

Die Erhaltung der Menisken ist grundsätzlich anzustreben. Bei schweren Zerreißungen sollten sie allerdings entfernt werden (AHLERS, MÜLLER 1976). Meistens liegen jedoch nur

partielle Ablösungen an ihrem Bandansatz vor, so daß sie durch Nähte reinseriert werden können. Kommt es später zu Degenerationserscheinungen, so kann die Meniskektomie anläßlich der Metallentfernung immer noch nachgeholt werden (RÜTER, BURRI 1975).

Nach Schädigungen des N. peronaeus sollte eine Revision nur dann erfolgen, wenn ein direktes Trauma vorgelegen hat oder durch die Fraktur eine erhebliche Varisation aufgetreten ist. In allen anderen Fällen empfiehlt es sich, einige Monate zuzuwarten, da sich die meisten Läsionen spontan zurückbilden.

Jede Schädigung eines größeren Gefäßes, die angiographisch nachgewiesen ist, macht eine unmittelbare Revision notwendig, wenn die betreffende Extremität erhalten werden soll.

Vor dem Wundverschluß werden noch ein intraartikuläres und ein subkutanes Redon-Drain eingelegt. Zur Vermeidung von Infektionen sollte ersteres bereits nach 12 - 24 Stunden wieder entfernt werden (SPIER, RÜTER 1975).

2.7 Nachbehandlung

Übereinstimmend sind die meisten Autoren heute der Auffassung, daß Tibiakopffrakturen frühfunktionell nachbehandelt werden sollten, um wieder eine optimale Beweglichkeit des Gelenkes zu erreichen.

Unmittelbar postoperativ wird die operierte Extremität im gespaltenen Oberschenkelliegegipsverband ruhiggestellt und hochgelagert (SCHAUWECKER, WELLER 1970). Schon jetzt kann mit isometrischen Anspannungsübungen der Muskulatur begonnen werden. In der Regel wird der Gipsverband am 2. postoperativen Tag geschalt. Aus der Schale heraus beginnt man dann mit vorsichtigen, aktiv geführten Bewegungsübungen.

In dieser ersten Phase kann auch die Frankfurter-Bewegungsschiene nach BIMLER (1968, 1978) sehr hilfreich sein. Sie erlaubt eine schwerelose Lagerung der Extremität und verhindert valgisierende oder varisierende Kräfte auf das Kniegelenk.

Andere Autoren legen nur einen elastischen Kompressionsverband an und lagern das Bein auf einer Winkelschiene in 20 bis 60 Grad Beugestellung (SPIER, RÜTER 1975, REHN 1977, MUGGLER et al. 1978). Auch sie beginnen nach 1 - 2 Tagen mit aktiven Bewegungsübungen.

Sofern es der Allgemeinzustand des Patienten zuläßt, erfolgt ab dem 4. - 5. Tag die Frühmobilisation mit Entlastung des Beines. Zum Durchbewegen der Gelenke ist ein Abrollen des Fußes erlaubt. Besonders wichtig erscheint die Übung der aktiven Streckfunktion. Eine gut trainierte Oberschenkelmuskulatur unterstützt die stets mehr oder weniger geschädigten Kniebänder bei späteren Belastungsversuchen (RASMUSSEN, SØRENSEN 1973, SPIER, BURRI 1975) und kann leichte Bandlockerungen kompensieren.

Die Entlastungszeiten sind abhängig vom radiologischen Verlauf der Frakturheilung. Bis die Osteosynthese belastungsstabil ist, vergehen durchschnittlich bei undislozierten Spaltfrakturen 6 - 8, bei Depressionsfrakturen 8 - 10 und bei Impressionsfrakturen mit Spongiosaunterfütterung sowie bei Trümmerbrüchen 10 - 16 Wochen. Während der ganzen Zeit der Entlastung muß aber die aktive Übungsbehandlung intensiv weitergeführt werden, wenn nach operativer Wiederherstellung der Gelenkfläche eine freie und beschwerdefreie Gelenksfunktion erreicht und ein Spätschaden der Arthrose in Grenzen gehalten werden soll.

Eine Bandnaht bzw. -reinsertaion macht teilweise eine postoperative Ruhigstellung im Gipsverband von 4 - 6 Wochen erforderlich. Eine Kniegelenksimmobilisation über diesen Zeitraum erschwert wegen des zu erwartenden Muskelschwundes, der Kapselverklebungen und der Dystrophie der Knorpelzellen die anschließende Wiederherstellung einer normalen

Funktion. Diese Sekundärschäden lassen sich durch Verwendung eines Bewegungsgipses (PÄSSLER et al. 1972, HELBING, BURRI 1976) zur Remobilisation mindern. Eine richtige Position des Scharniers, das limitierte Bewegungsausschläge zwischen 20 und 60 Grad Beugestellung erlaubt, ist dabei wichtig. Nach experimentellen Untersuchungen treten in diesem Bereich keine stabilitätsgefährdenden Bandbelastungen auf. Dieses Verfahren ist allerdings umstritten.

Epiphysenverletzungen sollten postoperativ für 5 - 8 Wochen im Liegegips ruhiggestellt werden. Ab der 12. Woche kann wieder belastet werden. Die Metallentfernung kann nach 5, spätestens nach 8 Wochen erfolgen (TITTEL 1980).

Nach Abschluß der Wundheilung kommen im Rahmen der Rehabilitationsmaßnahmen noch der Hydrotherapie und der Beschäftigungstherapie besondere Bedeutung zu (STIPICIC et al. 1976). Ohne die Möglichkeiten, die die physikalische Therapie bietet, wäre eine Rehabilitation der Patienten oft nur schwer durchzuführen.

Während der Übungsbehandlung tritt gelegentlich ein leichter Reizerguß im Kniegelenk auf. Eine kurzzeitige Ruhigstellung und Hochlagerung des Beines in Kombination mit abschwellenden Medikamenten und einer lokalen Eisbehandlung erlauben es den meisten Patienten, schon nach 1 - 2 Tagen die Bewegungsübungen wieder aufzunehmen.

Erst das Zusammenspiel einer gelungenen Osteosynthese mit der postoperativen Übungsbehandlung läßt gute Spätergebnisse nach Tibiakopffrakturen erwarten.

3. SPEZIELLER TEIL

3.1 Material und Methode

Von 1974 bis 1980 wurden an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Tübingen 144 Patienten mit 146 Tibiakopffrakturen operativ behandelt. Im gleichen Zeitraum erfolgte in 35 Fällen die Behandlung durch konservative Maßnahmen.

Da im Rahmen dieser Arbeit nur die operativ versorgten Tibiakopffrakturen von Interesse waren, wurden weder die konservativ behandelten Frakturen noch rein subcapitale Brüche berücksichtigt, wobei letztere nicht zu den echten Schienbeinkopffrakturen gezählt werden sollten, da sie nie die Problematik von intraartikulären Frakturen bieten.

Die Ermittlung der Spätergebnisse erfolgte ausschließlich bei den in den Jahren 1974 bis 1977 osteosynthetisch versorgten Frakturen, denn im Rahmen einer Langzeitbetrachtung erschien es nur sinnvoll, die Patienten nachzuuntersuchen, deren Operation mindestens vier Jahre zurücklag. Neben den funktionellen Ergebnissen interessierten besonders die röntgenologischen Spätresultate. Deshalb wurden die in Frage kommenden 69 Patienten, sofern nicht kurz zuvor eine gutachterliche Untersuchung erfolgt war, zu einer persönlichen Nachuntersuchung in die Klinik einbestellt. Insgesamt konnten 47 Patienten mit 48 Tibiakopffrakturen nachkontrolliert werden, was einer Nachkontrollrate von 68,6 % entspricht.

Zur Dokumentation der Ergebnisse wurde anhand der im Verzeichnis angegebenen Literatur eigens ein Erhebungsbogen entworfen (s. Anhang).

Die Ermittlung der erforderlichen Daten für die Frühergebnisse erfolgte aus Angaben einer Erhebung der Abteilung für medizinische Dokumentation der Klinik, aus Operationsbüchern, Krankenunterlagen und aus Operationsberichten. Ferner wurden die vorhandenen prä- und postoperativen Rönt-

genaufnahmen herangezogen.

Die Spätergebnisse wurden entweder aus kurz zuvor erstellten Rentengutachten oder durch eine persönliche Nachuntersuchung ermittelt. Die Patienten wurden dabei nach Beschwerden, ihrer Beurteilung des Behandlungsergebnisses und nach der möglichen Gehstrecke gefragt. Im Rahmen der klinischen Untersuchung der unteren Extremitäten wurden das Gangbild sowie die Kniegelenksfunktion und die Bandstabilität, jeweils im Vergleich zur Gegenseite, beurteilt. Schließlich erfolgte noch eine Röntgenuntersuchung, wobei Aufnahmen von dem ehemals verletzten Kniegelenk in 4 Ebenen (ap, seitlich, mediale und laterale Schrägaufnahme), von der unverletzten Gegenseite in 2 Ebenen (ap, seitlich) angefertigt wurden. Die Röntgenbilder gaben Auskunft darüber, ob die Fraktur inzwischen knöchern geheilt war und inwieweit Inkongruenzen, Achsenfehler oder Arthrosezeichen nachweisbar waren.

Bei der Beurteilung der Inkongruenzen wurden entsprechend ihrer Entstehungsursache drei verschiedene Arten unterschieden:

- Wellenförmige Inkongruenzen
- Muldenförmige Inkongruenzen
- Stufenförmige Inkongruenzen

Die wellenförmigen Unregelmäßigkeiten im Niveau der Gelenkfläche sind degenerativer Natur und abhängig vom Schweregrad der Arthroseentwicklung unterschiedlich stark ausgeprägt. Mulden in der Gelenkfläche entstehen durch Absinken der ganzen Konsole nach unzureichender Spongiosaunterfütterung und/oder mangelhafter Abstützung der Fragmente. Gelenkstufen bleiben nach ungenügender Reposition der deprimierten oder imprimierten Fragmente zurück (Abb. 13, 14).

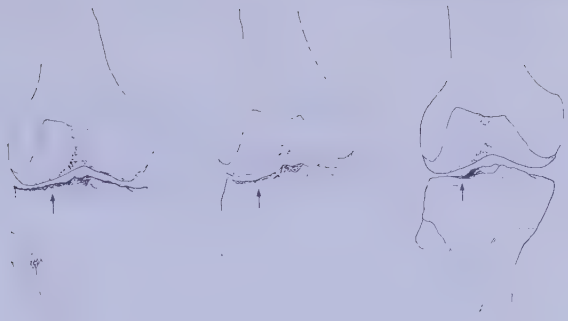

Abb. 13 Inkongruenzen: wellenförmig, muldenförmig, stufenförmig.

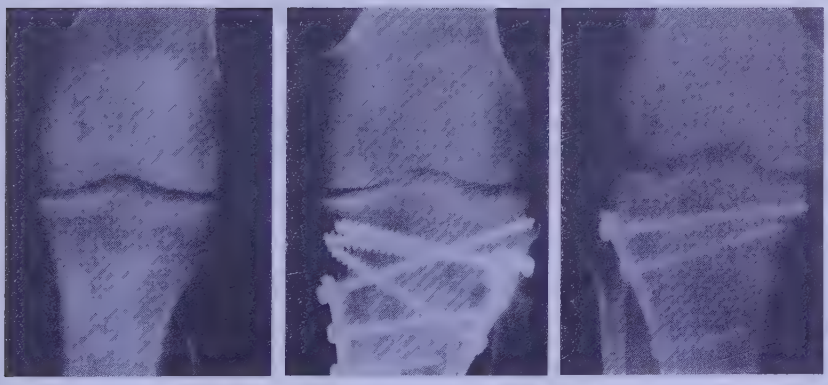

Abb. 14 Radiologische Erscheinungsformen der Inkongruenzen: wellenförmig, muldenförmig, stufenförmig.

3.2 Frühergebnisse

3.2.1 Zahl der Fälle

Von 1974 bis 1980 wurden an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Tübingen 144 Patienten mit 146 Tibiakopffrakturen operativ und 35 Patienten konservativ versorgt (Abb. 15).

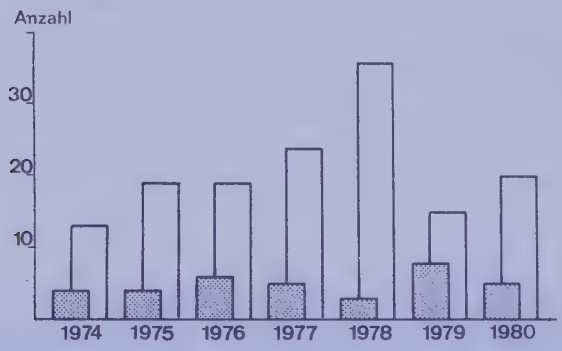

Abb. 15 Jahresverteilung der operativ und konservativ behandelten Tibiakopffrakturen (▭ operativ, ▩ konservativ).

In 6 Fällen mußte die betreffende Extremität wegen Durchblutungsstörungen oder Infektionen amputiert werden, einmal wurde bei einer älteren Patientin primär eine Schlittenprothese eingesetzt.

Die Anzahl der operierten Tibiakopfbrüche pro Jahr geht aus Tabelle 1 hervor.

Tabelle 1 Verteilung der verschiedenen Frakturformen auf die einzelnen Jahre

	S	D		I		K		A			Total
	b	m	b	m	b	m	b	I	II	III	
1974	0	1	1	0	0	4	7	0	0	0	13
1975	0	2	2	2	0	4	8	0	1	0	19
1976	0	2	0	2	0	5	9	1	0	0	19
1977	1	6	1	0	0	9	5	1	0	1	24
1978	0	7	0	7	0	8	13	0	0	1	36
1979	0	3	0	3	0	3	5	0	0	1	15
1980	0	2	0	2	0	7	9	0	0	0	20
Total	1	23	4	16	0	40	56	2	1	3	146

3.2.2 Alter und Geschlecht der operierten Patienten

Abb. 16 gibt die Altersverteilung der operierten Patienten wieder.

Der jüngste Patient war 14, der älteste 77 Jahre alt. Das Durchschnittsalter betrug 44,2 Jahre. Während die größte Frakturhäufigkeit bei Männern im Alter von 30 - 50 Jahren anzutreffen war, fiel diese bei Frauen in die Altersklasse von 50 - 70 Jahren.

Die Geschlechtsverteilung betrug 64,6 zu 35,4 % zugunsten des männlichen Geschlechts.

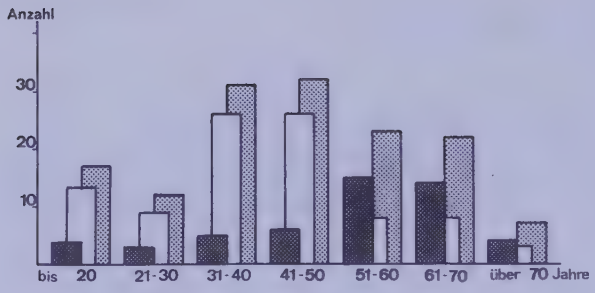

Abb. 16 Altersverteilung in Abhängigkeit vom Geschlecht (▒ Frauen, □ Männer, ▒ Gesamt).

3.2.3 Lokalisation der operierten Frakturen

Von 144 operierten Patienten war bei 53 (36,8 %) das rechte und bei 89 (61,8 %) das linke Bein betroffen. 2 Patienten (1,4 %) hatten eine beidbeinige Fraktur.

3.2.4 Unfallhergang

Die Patienten zogen sich ihre Verletzungen

im Verkehr	in 72 Fällen (50 %),
bei der Arbeit	in 36 Fällen (25 %),
beim Sport	in 15 Fällen (10,4 %) und
bei sonstigen Unfällen	in 21 Fällen (14,6 %) zu.

Die Altersverteilung variierte in Bezug auf die Unfallquellen etwas. Verkehrsunfälle waren in allen Altersklassen sehr häufig vertreten, besonders oft waren aber Männer im mittleren Lebensalter betroffen. Arbeitsunfälle kamen dagegen eher in höherem Lebensalter vor. Bei älteren Frauen

waren deutlich vermehrt sonstige Unfälle (z.B. Haushaltsunfälle) anzutreffen, während Sportverletzungen vor allem im jüngeren Lebensalter zu finden waren.

3.2.5 Einteilung der Frakturformen

Die Bruchformen wurden nach topographisch-anatomischen und morphologischen Gesichtspunkten eingeteilt. Eine differenzierte Aufschlüsselung nach den Frakturtypen, die in den jeweiligen Jahren operiert wurden, ergibt sich aus der Tabelle 1.

Die Verteilung der Frakturformen in Spalt-, Depressions-, Impressions- und kombinierte Brüche zeigte ein deutliches Überwiegen der kombinierten Formen mit 65,7 % (27,4 % monokondylär und 38,3 % bikondylär), gefolgt von den monokondylären Depressionsfrakturen mit 15,8 % und den Impressionsfrakturen mit 11,0 %. Am seltensten waren neben den Epiphysenfrakturen nach AITKEN bei jugendlichen Patienten (4,1 %) die bikondylären Depressions- und die Spaltfrakturen mit 2,7 bzw. 0,7 % vertreten. Alle monokondylären Spaltfrakturen des berücksichtigten Zeitraums wurden konservativ behandelt, da sie undisloziert waren. Bikondyläre Impressionsfrakturen traten nicht auf.

Die Aufschlüsselung der Frakturen in monokondyläre und bikondyläre ergab, daß 54,1 % monokondylär und 45,9 % bikondylär waren.

Bei den monokondylären Frakturen war der laterale Kondylus mit 78,5 % deutlich häufiger betroffen als der mediale mit 21,5 %.

Insgesamt waren 21,2 % aller Frakturen offen und 78,8 % geschlossen. Eine detaillierte Aufteilung auf die einzelnen Bruchformen zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2 Art der Frakturen

	S	D	I	K	A	
n =	1	27	16	96	6	146
Geschlossen	1	20	13	77	4	115
Offen I. Grades	0	4	2	9	1	16
II. Grades	0	2	0	5	0	7
III. Grades	0	1	1	5	1	8

3.2.6 Örtliche Begleitverletzungen

Tabelle 3 gibt die Begleitverletzungen am Unfallknie bzw. am angrenzenden Unterschenkel bei den verschiedenen Frakturtypen wieder. Von den 144 verletzten Patienten hatten 88 (61,1 %) örtliche Begleitverletzungen.

Läsionen des Außenmeniskus kamen bei 21,2 % der Frakturen vor und stellten somit die häufigste örtliche Begleitverletzung nach Tibiakopffrakturen dar. Der Außenmeniskus war mehr als sechsmal häufiger verletzt als der Innenmeniskus, der nur bei 3,4 % der Frakturen geschädigt war. Bei zwei Patienten waren beide Menisken verletzt.

Neben den Meniskusläsionen traten noch vor allem Fibulaköpfchenfrakturen (20,5 %) und Frakturen der Eminentia intercondylica (19,2 %) auf. Die Frakturen des Interkondylenhöckers sowie ossäre Kreuzbandausrisse wurden zu den örtlichen Begleitverletzungen und nicht zu den eigentlichen Tibiakopffrakturen gerechnet, weil sie für das Gelenk eine andere Rolle spielen als Frakturen der tragenden Gelenkflächen. Ebenso wurden die subcapitalen Frakturen, die keine Gelenkbeteiligung zeigten, zu den Tibiaschaftfrakturen gezählt, welche bei 16,4 % der Tibiakopffrakturen noch zusätzlich vorkamen.

Tabelle 3 Örtliche Begleitverletzungen

	S	D		I		K	A	
	b	m	b	m	m	b		
	n = 1	23	4	16	40	56	6	146
Außenmeniskus	0	2	2	4	9	14	0	31
Innenmeniskus	0	2	0	0	2	1	0	5
Außenband	0	2	0	1	1	1	0	5
Innenband	0	1	0	0	1	0	2	4
Eminentia/Kreuzband	0	7	1	3	6	11	0	28
Fibulafraktur Caput	0	3	1	2	8	14	2	30
Schaft	0	2	0	1	4	7	0	14
Tibiaschaftfraktur	0	3	1	3	7	10	0	24
Patellafraktur	0	2	0	0	0	2	0	4
Ligamentum patellae/ Tuberositas tibiae	0	0	0	0	3	3	0	6
Hauptgefäße	0	0	0	0	0	3	0	3
Nerven	0	1	2	1	3	4	0	10

Seitenbandverletzungen traten nur bei 6,2 % der Frakturen auf, wobei sie etwas häufiger bei Depressionsfrakturen als bei den anderen Frakturtypen anzutreffen waren. Rein ligamentäre Rupturen lagen in 5 Fällen vor, zweimal war der Bandansatz ausgerissen. Je einmal handelte es sich lediglich um eine Überdehnung bzw. Lockerung des Bandapparates.

Ausrisse der Tuberositas tibiae kamen nur bei den kombinierten Frakturen in 6 Fällen (4,1 %) vor. Bei 4 Frakturen bestand gleichzeitig noch eine Patellafraktur (2,7 %), einmal war sie nur luxiert.

Eine Verletzung der großen Gefäße im Bereich des Kniegelenks lag nur nach 3 schweren Trümmerfrakturen vor (2,1 %). Nervenschädigungen konnten bei 10 Frakturen (6,8 %) festgestellt werden.

3.2.7 Begleitverletzungen

Hierunter fielen alle Nebenverletzungen der Patienten außer den örtlichen Begleitverletzungen am Unfallknie.

Insgesamt hatten 92 aller Patienten, das entspricht 63,9 %, Verletzungen, die nicht das geschädigte Kniegelenk betrafen. Auffallend ist dabei aber, daß von diesen 92 Patienten 77 zusätzlich auch noch örtliche Begleitverletzungen aufwiesen. Dies waren immerhin 83,7 % bzw. über die Hälfte aller Patienten. 30 der behandelten Patienten (20,8 %) waren polytraumatisiert, wobei mehr als zwei Drittel dieser Patienten bei Verkehrsunfällen verletzt wurden.

Tabelle 4 Häufigkeiten der Begleitverletzungen

	n = 92
Oberschenkelfrakturen	18
Unterarmfrakturen	17
Beckenfrakturen	10
Sprunggelenksfrakturen	9
Unterschenkelfrakturen	6
Schenkelhalsfrakturen	5
Schädel-Hirn-Trauma	5
Mittelfußfrakturen	4
Oberarmfrakturen	4
Kieferfrakturen	4
Wirbelfrakturen	3
Rippenfrakturen	3
Stumpfes Bauchtrauma	2
Patellafrakturen	2

3.2.8 Operationszeitpunkt

Von den 31 Patienten mit offenen Frakturen konnten 15 innerhalb der ersten Stunden nach dem Unfall operativ versorgt werden. 5 dieser Patienten waren polytraumatisiert. Die Frakturen der anderen 16 Patienten, von denen wiederum 5 polytraumatisiert waren, wurden zunächst konservativ angegangen. Das längste Intervall zwischen Unfall und Operation betrug dabei 61 Tage.

Bei 43 der 115 Patienten mit geschlossenen Frakturen erfolgte eine Sofortversorgung (37,4 %), wobei 8 von ihnen polytraumatisiert waren. Weitere 35 Patienten (30,4 %) wurden innerhalb der ersten fünf Tage operiert. Wie bei allen Patienten, die nicht sofort operativ versorgt werden konnten, begann man auch hier zunächst mit einer konservativen Behandlung. Bei den übrigen 37 Patienten betrug das Intervall zwischen Unfall und Operation mehr als 5 Tage, wobei die längste Zeitspanne 67 Tage dauerte. Von diesen Patienten waren 12 polytraumatisiert (Tabelle 5).

Tabelle 5 Operationszeitpunkt (Zahl in Klammern gibt die Anzahl der polytraumatisierten Patienten an)

	Sofort-versorgung	Intervall		über
		1 - 5	6 - 10	10 Tage
Offene Fraktur	15 (5)	1	1	14 (5)
Geschlossene Fraktur	43 (8)	35 (1)	14 (3)	23 (9)
Total	58 (13)	36 (1)	15 (3)	37 (14)

3.2.9 Spongiosaunterfütterung

Insgesamt wurden 139 Frakturen mittels Platten- und/oder Schraubenosteosynthese nach den Prinzipien der AO versorgt.

Zur Rekonstruktion nahm man bei 85 Frakturen (61,2 %) eine Unterfütterung mit Spongiosa vor. 25 dieser Frakturen (29,4 %) wurden mit autologer Spongiosa aus dem vorderen oder hinteren Beckenkamm unterfüttert, bei 57 Frakturen (67,1 %) nahm man homologe Spongiosa aus der Knochenbank. Zweimal wurde sowohl autologe als auch homologe Spongiosa, einmal ein corticospongiöser Span verwendet. 36 mal wurde das Spongiosamaterial direkt (42,4 %), in 49 Fällen (57,6 %) durch ein Kortikalisfenster eingebracht.

Die Verteilung der Spongiosaunterfütterung auf die Frakturtypen ergibt sich aus Tabelle 6.

Tabelle 6 Spongiosaunterfütterung

	S	D		I		K	A	
	b	m	b	m	m	b		
	n =1	23	4	16	38	51	6	139
Keine Spongiosa	1	14	4	2	10	17	6	54
Spongiosa	0	9	0	14	28	34	0	85
davon direkt	0	3	0	6	15	12	0	36
durch Fenster	0	6	0	8	13	22	0	49
Autologe Spongiosa	0	2	0	4	8	11	0	25
Homologe Spongiosa	0	6	0	10	19	22	0	57
Autol.+homol.Spongiosa	0	1	0	0	1	0	0	2
Corticospongiöser Span	0	0	0	0	0	1	0	1

3.2.10 Operative Versorgung der örtlichen Begleitverletzungen

Die Versorgung der Nebenverletzungen am geschädigten Knie geht aus Tabelle 7 hervor.

Bei den 36 Meniskusverletzungen entschloß man sich in 11 Fällen (30,6 %) zu einer Meniskektomie, 25 mal (69,4 %) wurde der verletzte Meniskus reinseriert. Besonders oft mußten die Menisken bei den kombinierten Frakturformen entfernt werden.

Die verletzten Seitenbänder wurden fünfmal genäht und zweimal am Bandansatz verschraubt. Bei einer Außenbanddehnung nach einer medialen Impressionsfraktur führte man eine Bandraffung durch. Eine geringgradige Außenbandlockerung nach einer Depressionsfraktur wurde belassen. Außerdem wurde das vordere Kreuzband einmal mittels Bandnaht reinseriert.

Tabelle 7 Operative Versorgung der örtlichen Begleitverletzungen

		S	D		I		K	A	
		b	m	b	m	m	b		
	n =	1	23	4	16	38	51	6	139
Meniskektomie	med	0	0	0	0	1	0	0	1
	lat	0	0	1	0	3	6	0	10
Meniskusreinsertion	med	0	2	0	0	1	1	0	4
	lat	0	2	1	4	6	8	0	21
Eminentia/ Kreuzbandreinsertion		0	1	1	0	0	2	0	4
Bandnaht	med	0	1	0	0	0	0	2	3
	lat	0	1	0	0	1	0	0	2
Verschraubung des Bandansatzes	med	0	0	0	0	1	0	0	1
	lat	0	0	0	0	0	1	0	1
Lig. patellae-Naht/ Schraube		0	0	0	0	1	1	0	2

3.2.11 Operationsergebnis unter Sicht

Tabelle 8 gibt die Einschätzung des Operationserfolges durch den Operateur selbst wieder. Demnach wurde nach 88 Frakturen (63,3 %) eine gute bzw. anatomische Reposition erzielt. In 35 Fällen (25,2 %) wurde das Repositionsergebnis als befriedigend, in 16 Fällen (11,5 %) als schlecht eingestuft.

Die größten Schwierigkeiten, eine exakte Reposition durchzuführen, bestanden vor allem nach schweren Trümmerfrakturen bzw. Frakturen mit bikondylären Depressionen oder erheblichen Impressionen. Insgesamt konnten 7 Frakturen nicht osteosynthetisch versorgt werden.

Tabelle 8 Operationsergebnis unter Sicht

	S	D		I		K	A	
	b	m	b	m	m	b		
n =	1	23	4	16	38	51	6	139
Gut (anatomisch)	1	20	2	10	24	25	6	88
Befriedigend	0	2	1	4	10	18	0	35
Schlecht	0	1	1	2	4	8	0	16

3.2.12 Röntgenologische Frühergebnisse

Bei den frühen Röntgenergebnissen wurden, abhängig von ihrer morphologischen Erscheinung, stufenförmige, muldenförmige und wellenförmige Inkongruenzen unterschieden.

Am häufigsten traten dabei in 20 Fällen Gelenkstufen auf (14,4 %), wobei die Höhe der Stufen bei 5 Patienten mehr als 3 mm betrug (3,6 %). Muldenförmige Absenkungen der

Gelenkflächen waren bei 13 Patienten nachweisbar (9,4 %). Wellenförmige Inkongruenzen als Zeichen degenerativer Veränderungen wurden bei 16 Patienten festgestellt (11,5 %).

Valgus- bzw. Varusfehlstellungen über 5 Grad wiesen jeweils 6 Patienten auf (4,3 %). Eine Retroversion war in 7 Fällen (5,0 %), eine Antekurvation dagegen nur zweimal aufgetreten (1,4 %).

Eine bereits vorbestehende Arthrose konnte bei 13 Patienten (9,4 %) nachgewiesen werden.

Die jeweilige Häufigkeit bezogen auf die einzelnen Frakturtypen ist aus Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9 Röntgenologische Frühergebnisse

	S	D		I		K	A	
	b	m	b	m	m	b		
n =	1	23	4	16	38	51	6	139
Arthrose präexistent	0	1	1	4	3	4	0	13
Inkongruenz								
stufenförmig ↑3 mm	0	3	0	1	5	6	0	15
↓3 mm	0	0	0	1	1	3	0	5
muldenförmig	0	0	1	2	2	8	0	13
wellenförmig	0	2	1	2	3	8	0	16
Valgus ↑5 Grad	0	2	0	0	1	3	0	6
Varus ↑5 Grad	0	0	1	0	0	5	0	6
Antekurvation	0	0	0	0	1	1	0	2
Retroversion	0	0	0	1	2	4	0	7

3.2.13 Postoperative Komplikationen

Aus Tabelle 10 geht die Häufigkeit der postoperativen Komplikationen bei den einzelnen Frakturtypen hervor, wobei zwischen offenen und geschlossenen Frakturen unterschieden wurde.

Als häufigste Komplikation trat ein postoperatives Wundhämatom bei 14 der 111 geschlossenen (12,6 %) sowie bei 6 der 28 offenen Frakturen auf (21,4 %). Reizergüsse traten nur bei 12 geschlossenen Frakturen auf (10,8 %). Eine Hautnekrose entwickelte sich bei 6 geschlossenen (5,4 %) und 5 offenen (17,9 %) Frakturen.

Die schwerwiegendste postoperative Komplikation stellten die Infekte dar. Sowohl bei den offenen als auch bei den geschlossenen Frakturen traten jeweils 8 posttraumatische Infekte auf. Diese wurden unterteilt in Knochen- und Weichteilinfekte. Die Knocheninfekte traten viermal nach geschlossenen (3,6 %) und genauso häufig nach offenen Frakturen (14,3 %) auf. Ebenso verhielt es sich bei den Weichteilinfekten, die sich ebenfalls je viermal entwickelten. Bei 2 Patienten mit offenen Frakturen entstand ein Kniegelenksempyem, einmal von einem Knochen-, das andere Mal von einem Weichteilinfekt gefolgt.

Berücksichtigt wurden nicht nur Früh-, sondern auch Spätinfekte. Bei einem Patienten, der eine Osteitis des Tibiakopfes mit Kniegelenksempyem entwickelt hatte, bestand bereits vorher eine offene, eitrige Verletzung des Vorfußes.

Untersucht man die Beziehung zwischen dem Auftreten eines Knocheninfektes und dem Versorgungszeitpunkt, so stellt man fest, daß die offenen Frakturen alle sofort versorgt worden waren, während dies bei den geschlossenen Frakturen frühestens nach 11, längstens nach 67 Tagen geschehen war.

Relativ selten waren sekundäre Stufenbildungen und Thrombosen in je 3 Fällen. 3 Patienten bekamen eine Lungenembolie, in deren Folge 2 verstarben, einer bekam eine Fett-

embolie. Postoperativ stellten sich in 2 Fällen neurologische Ausfälle ein. Je einmal trat eine Muskelhernie des M. tibialis anterior auf bzw. führten periartikuläre Verkalkungen zu einer Teilversteifung.

Tabelle 10 Postoperative Komplikationen

	S	D		I		K		A		Total	
	g	g	o	g	o	g	o	g	o	g	o
	n = 1	20	7	13	3	73	16	4	2	111	28
Hämatom	1	2	2	0	0	11	4	0	0	14	6
Reizerguß	0	2	0	1	0	8	0	1	0	12	0
Hautnekrose	0	1	1	0	0	5	4	0	0	6	5
Nahtdehiszenz	0	0	0	1	0	2	2	0	0	3	2
Knocheninfekt	0	0	1	1	0	3	3	0	0	4	4
Weichteilinfekt	0	1	1	0	0	3	3	0	0	4	4
Kniegelenksempyem	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
sek. Dislokation	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3	0
Thrombose	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	1
Lungen-/Fettembolie	0	0	0	1	0	2	1	0	0	3	1
Neurolog. Ausfälle	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0

3.2.14 Weitere Operationen am Unfallknie

Die Häufigkeit von Operationen, die primär, außer den Osteosynthesen, bzw. sekundär wegen Komplikationen am Unfallknie notwendig wurden, gibt Tabelle 11 wieder, wobei wieder zwischen offenen und geschlossenen Frakturen unterschieden wurde.

Bei den 10 durchgeführten Revisionen wurden diejenigen nicht mehr extra aufgeführt, die im Rahmen einer vorzeiti-

gen Metallentfernung vorgenommen wurden. Auch wurde ein mehrmaliges Vorgehen nicht berücksichtigt. Reine Hämatomausräumungen sind in diesem Zahlenwert auch nicht enthalten. Das Osteosynthesematerial mußte bei 17 Patienten (12,2 %) vorzeitig entfernt werden, und zwar bezogen auf die relative Häufigkeit mehr als doppelt so oft bei offenen als bei geschlossenen Frakturen.

Tabelle 11 Weitere Operationen am Unfallknie

	S	D		I		K		A		Total	
	g	g	o	g	o	g	o	g	o	g	o
	n = 1	20	7	13	3	77	19	4	2	115	31
Revision	0	1	0	0	0	4	5	0	0	5	5
Vorzeitige ME	0	2	1	1	0	8	5	0	0	11	6
Reosteosynthese	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3	0
Arthrolyse	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Korrekturosteotomie	0	2	0	1	0	3	0	0	0	6	0
Amputation primär	0	0	0	0	0	2	3	0	0	2	3
sekundär	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Schlittenprothese	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Arthrodese sekundär	0	0	0	0	0	4	2	0	0	4	2

Dreimal wurde eine Reosteosynthese durchgeführt (2,2 %). Wegen periartikulärer Verkalkungen, die zu einer Teilversteifung geführt hatten, wurde einmal eine Arthrolyse nach HOHMANN vorgenommen. Schwere Achsenfehlstellungen machten bei 6 Patienten eine Korrekturosteotomie notwendig (4,4 %).

Bei 5 Patienten (3,6 %) mußte das verletzte Bein primär, bei einem sekundär amputiert werden. Die zwei primären Amputationen bei geschlossenen Frakturen erfolgten wegen eines arteriellen Verschlusses bzw. wegen einer Sepsis bei

infizierter, offener Unterschenkeltrümmerfraktur. Nach den offenen Frakturen wurden die drei primären Amputationen wegen schwerer Gefäßverletzungen mit nachfolgenden Durchblutungsstörungen bei multiplen Frakturen bzw. wegen einer Sepsis bei infizierten Frakturen und Weichteilen durchgeführt.

Die sekundäre Amputation wurde bei einem Patienten mit einer geschlossenen Fraktur vorgenommen, der zuerst mit einem Fixateur externe versorgt worden war, bei einer vorbestehenden offenen, eitrigen Verletzung des Vorfußes aber eine Osteitis des Tibiakopfes entwickelt hatte.

Einer Patientin wurde wegen ihres hohen Alters primär eine Schlittenprothese eingesetzt, eineinhalb Jahre später mußte das Gelenk aber versteift werden.

Insgesamt mußte man sechsmal eine sekundäre Arthrodese vornehmen (4,3 %), und zwar ausschließlich nach kombinierten Frakturformen.

3.3 Spätergebnisse

3.3.1 Zahl der nachkontrollierten Fälle

Von 1974 bis 1977 wurden 75 Tibiakopffrakturen operiert, wobei dreimal die betreffende Extremität amputiert werden mußte, einmal setzte man eine Schlittenprothese ein. In diesem Fall und bei einem weiteren Patienten war man sekundär zu einer Kniegelenksarthrodese gezwungen. Somit kamen für eine Nachkontrolle noch 69 Patienten mit 70 Tibiakopffrakturen in Frage. Bei 4 Patienten mit 5 Frakturen lagen kurz zuvor erstellte Rentengutachten vor, so daß insgesamt 65 Patienten zu einer Nachuntersuchung einbestellt werden mußten.

Insgesamt wurden 47 Patienten mit 48 Frakturen nachkon-

trolliert, was einem Prozentsatz von 68,6 entspricht. 2 Patienten waren zwischenzeitlich aus unfallunabhängigen Gründen verstorben, 20 andere Patienten waren unbekannt verzogen oder erschienen aus irgendwelchen Gründen nicht zur Nachuntersuchung (Tabelle 12).

Tabelle 12 Nachkontrollierte Frakturtypen der jeweiligen Unfalljahre

Unfall-jahr	D		I		K		A	Total
	m	b	m	b	m	b		
n =	8	4	4	0	13	16	3	48
1974	0	1	0	0	2	5	0	8
1975	1	2	2	0	2	5	1	13
1976	1	0	2	0	3	4	0	10
1977	6	1	0	0	6	2	2	17
Total in %	16,7	8,3	8,3	0	27,1	33,3	6,3	100

3.3.2 Intervall zwischen Operation und Nachuntersuchung

Der durchschnittliche Zeitraum zwischen Operation und Nachuntersuchung betrug 65,4 Monate, d.h. fast fünfeinhalb Jahre. Das kürzeste Intervall war 4 Jahre, das längste 7,75 Jahre.

3.3.3 Angaben der Patienten bei der Nachkontrolle

Bei der Nachuntersuchung wurden die Patienten ganz allgemein nach Beschwerden in dem betreffenden Kniegelenk, nach ihrer beschwerdefreien Gehstrecke sowie nach ihrer Beurteilung des Behandlungsergebnisses gefragt (Tabelle 13).

Tabelle 13 Angaben der Patienten bei der Nachkontrolle

Beschwerden	n =	D 12	I 4	K 29	A 3	48
keine		4	1	6	3	14
leicht		2	2	6	0	10
mittel		3	1	10	0	14
stark		3	0	7	0	10
Beschwerdefreie Gehstrecke						
1 km		3	0	9	0	12
1-5 km		2	2	10	0	14
5 km		7	2	10	3	22
Beurteilung des Behandlungsergebnisses						
zufrieden		7	4	17	3	31
nicht zufrieden		5	0	12	0	17

Die Antworten der Patienten auf die Frage nach Beschwerden wurden, nach Schweregraden gewichtet, in vier Kategorien eingeteilt, um gegenseitige Vergleiche zu ermöglichen. Im einzelnen sind dies die Kategorien:

- Keine Beschwerden
- Leichte Beschwerden (Wetterfühligkeit, Anlaufschwierigkeiten, gelegentlich Stechen im Kniegelenk bei Belastung sowie geringe Schmerzen bei extremer Belastung oder sportlicher Tätigkeit)
- Mittlere Beschwerden (Schmerzen bei längerer Belastung, beim Treppensteigen oder Bergabgehen, des öfteren Spontanschmerzen, auch in Kombination mit Wetterfühligkeit sowie allgemeine Unsicherheit und rasche Ermüdbarkeit im Kniegelenk)
- Starke Beschwerden (Dauer- und Ruheschmerzen, sowohl beim Gehen als auch im Sitzen oder Stehen, die sich gelegentlich bei Belastung vermindern können, die den Patienten in seiner Lebensweise aber doch beeinträchtigen).

Nach dieser Einteilung hatte die eine Hälfte der nachkontrollierten Patienten keine oder nur geringe Beschwerden, die andere Hälfte mittelstarke bis starke Beschwerden. Der Patient mit der beidbeinigen Fraktur (bikondyläre Depressionsfraktur und laterale Depressions-Impressionsfraktur) gab starke Beschwerden in beiden Beinen an. Insgesamt klagte etwa ein Fünftel der Patienten über Dauerschmerzen. Die 3 Aitken-Frakturen waren alle beschwerdefrei ausgeheilt. Ansonsten scheint es so zu sein, daß nach kombinierten Frakturen etwas häufiger mit stärkeren Beschwerden in der Folgezeit zu rechnen ist als nach isolierten Depressions- oder Impressionsfrakturen.

Von den 47 nachuntersuchten Patienten konnten 46,8 % mehr als 5 km, 29,8 % zwischen 1 und 5 km und nur 23,4 % weniger als 1 km beschwerdefrei zurücklegen. Auch hier scheint es sich abzuzeichnen, daß Patienten mit kombinierten Frakturformen eher in ihrer Gehleistung eingeschränkt sind als die anderen Patienten.

Unabhängig von einer eingeschränkten Gehstrecke waren 66 % der untersuchten Patienten mit dem Behandlungsergebnis zufrieden und nur 34 % unzufrieden.

3.3.4 Klinische Untersuchung

3.3.4.1 Klinischer Befund

Während 23 der Patienten (48,9 %) bei der Nachkontrolle ein unbehindertes Gangbild zeigten, waren 17 (36,2 %) leicht und 8 (14,9 %) stark in ihrer Gehfähigkeit beeinträchtigt. 10 (19,1 %) der Patienten erschienen mit einer Gehhilfe zur Nachuntersuchung.

In Bezug auf das Gangbild waren die Patienten mit isolierten Depressions- und Impressionsfrakturen eher stärker beeinträchtigt als diejenigen mit den kombinierten Frakturen. Nach den Epiphysenfrakturen war der Gang jedesmal unbehindert (Tabelle 14).

Die klinischen Befunde der Nachuntersuchung sind in Tabelle 15 zusammengestellt worden.

Der Befund, der am häufigsten erhoben wurde, waren Reibegeräusche im Kniegelenk bei der Hälfte der nachkontrollierten Frakturen. 20 (41,7 %) der Frakturen wiesen eine Kapselverdickung auf. Seltener fanden sich Unterschenkelschwellungen sowie äußere Deformierungen und Druckschmerzen am Gelenkspalt bei 18,8 bzw. 16,7 % der Patienten.

Ein Patient, der postoperativ eine Osteitis entwickelt hatte, zeigte noch eine Fistel am Tibiakopf. Bei einem anderen Patienten bestand nur eine blande Fistelung, die postoperativ nach einer Hautnekrose mit nachfolgendem Weichteilinfekt entstanden war.

Die 3 traumatisch bedingten Peronaeusparesen, die nachkontrolliert werden konnten, hatten sich nicht gebessert.

Die vergleichenden Umfangmessungen ergaben bei 14 Patienten am Oberschenkel eine Muskelminderung von mehr als 2 cm. Bei ebensovielen Patienten bestand am Unterschenkel eine Atrophie von über 1 cm. Keine Minderung der Muskulatur am Oberschenkel war bei 20 Patienten aufgetreten. Die Messungen in Kniescheibenmitte ergaben ebenfalls 20 mal eine

Tabelle 14 Gangbild

	D	I	K	A	
n =	12	4	29	3	48
unbehindert	6	2	12	3	23
leicht hinkend	2	1	14	0	17
stark hinkend	4	1	3	0	8
mit Stock	4	1	5	0	10

Tabelle 15 Klinischer Befund

	D	I	K	A	
n =	12	4	29	3	48
Äußere Deformierung	2	0	6	0	8
Druckschmerz	1	0	7	0	8
Reibegeräusch	2	2	20	0	24
Narbenerosion	1	0	1	0	2
Fistel	1	0	1	0	2
Überwärmung	0	0	1	0	1
Kapselverdickung	3	3	13	1	20
Gelenkerguß	0	0	0	0	0
Unterschenkelschwellung	3	0	6	0	9
Muskelhernie	1	0	2	0	3
Neurologische Ausfälle	2	0	1	0	3

Umfangsvermehrung von über 1 cm. Eine eindeutige Beziehung zwischen Muskelminderung und Frakturtyp ließ sich aber nicht herstellen.

3.3.4.2 Funktion

Da ein normales Gangbild wesentlich vom Kniegelenk geprägt wird, ist eine volle Streck- bzw. Beugefähigkeit von entscheidender Bedeutung, wobei ein Streckausfall stärker ins Gewicht fällt als eine Beugebehinderung.

Von den 48 nachuntersuchten Frakturen wiesen 34 bei der aktiven Streckung im Vergleich zur anderen Seite keine Differenz auf. 6 Frakturen führten im Vergleich zur Gegenseite zu einer Streckhemmung von 5 Grad. Hierzu wurden auch die 3 Frakturen gerechnet, die zwar eine volle Strekkung erreichten, deren Gegenseite aber überstreckbar war. Somit wurde bei insgesamt 37 der ehemaligen Frakturen (77,1 %) wieder eine aktive Streckfähigkeit von 180 Grad und mehr erreicht.

Tabelle 16 Funktionelle Spätergebnisse

Funktion im Vergleich zur Gegenseite	Streckung (n=48)	Beugung (n=48)
Besser	-	3 (6,3%)
Keine Einschränkung	34 (70,8%)	9 (18,6%)
Hemmung bis 5 Grad	6 (12,5%)	8 (16,7%)
bis 10 Grad	5 (10,4%)	12 (25,0%)
bis 15 Grad	1 (2,1%)	3 (6,3%)
bis 20 Grad	2 (4,2%)	4 (8,3%)
bis 25 Grad	-	1 (2,1%)
bis 30 Grad	-	3 (6,3%)
bis 35 Grad	-	2 (4,2%)
bis 40 Grad	-	1 (2,1%)
bis 50 Grad	-	1 (2,1%)
bis 60 Grad	-	1 (2,1%)

Bei 12 Patienten (25 %) war die Beugefähigkeit des betroffenen Kniegelenks gleich oder sogar besser als auf der Gegenseite. Die Verbesserung der Beugefähigkeit bei 3 Patien-

ten beruhte einerseits darauf, daß der Patient mit der beidbeinigen Fraktur das eine Bein um 30 Grad besser beugen konnte als das andere, andererseits hatten 2 Patienten am anderen Bein multiple Frakturen bzw. schwere Bandverletzungen erlitten, die die Beugung einschränkten. Insgesamt hatte nur ein Drittel der Patienten eine Beugebehinderung von mehr als 10 Grad im Vergleich zur Gegenseite, wobei 3 Patienten in dem betroffenen Kniegelenk mit jeweils 80 Grad die geringste Beugung erreichten (Tabelle 16).

Den Bewegungsumfang der nachkontrollierten Frakturen, nach Frakturtypen geordnet, gibt Abb. 17 wieder.

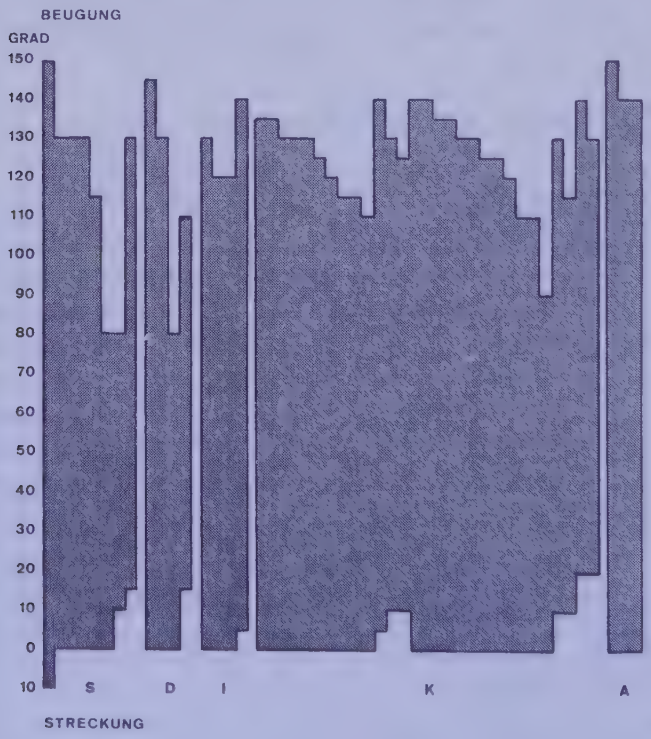

Abb. 17 Beugung/Streckung der nachkontrollierten Frakturtypen.

3.3.4.3 Bandstabilität

Die Ergebnisse der Prüfung des Bandapparates sind in Tabelle 17 wiedergegeben, wobei bei den kombinierten Frakturtypen zwischen Frakturen mit bzw. ohne Eminentiabeteiligung unterschieden wurde.

Stabile Bandverhältnisse zeigten 29 der ehemaligen Frakturen (60,4 %); nach 19 Frakturen waren Bandinstabilitäten aufgetreten (39,6 %).

Tabelle 17 Bandstabilität bei der Nachkontrolle

	D	I	K		A	
			m.E.	o.E.		
n =	12	4	5	24	3	48
Bandapparat stabil	8	3	2	14	2	29
Bandapparat instabil	4	1	3	10	1	19
Instabilität med	2	0	0	1	1	4
lat	1	1	1	5	0	8
med + lat	0	0	0	1	0	1
anteromed	0	0	1	2	0	3
anterolat	0	0	0	0	0	0
anteromed + anterolat	1	0	1	1	0	3

Bei den kombinierten Frakturen mit Eminentiabeteiligung war in 3 von 5 Fällen eine Bandinstabilität eingetreten, zweimal lag dabei eine Beteiligung der Kreuzbänder vor. Dagegen zeigten nur 10 von 24 kombinierten Frakturen ohne Eminentiabeteiligung eine Bandinstabilität; hier waren die Kreuzbänder insgesamt dreimal beteiligt.

Jeder der 6 Patienten (12,5 %) mit einer vorderen Schublade hatte gleichzeitig auch noch eine Seitenbandinstabilität, drei sogar kombiniert medial und lateral.

Eine Lockerung des Außenbandes lag bei 12 nachkontrollierten Frakturen vor (25 %) und war damit die häufigste Instabilität, gefolgt von der Innenbandlockerung in 11 Fällen (20,8 %).

3.3.5 Röntgenologische Spätergebnisse

Bei der radiologischen Nachkontrolle (Tabelle 18) waren alle ehemaligen Frakturen knöchern geheilt. Pseudarthrosen wurden nicht gesehen. Keinerlei pathologische Röntgenbefunde waren nur bei den ehemaligen Aitken-Frakturen zu erheben.

Mehr oder weniger ausgeprägte arthrotische Veränderungen konnten bei 91,7 % der nachkontrollierten Frakturen nachgewiesen werden, wobei bei 16,7 % bereits präexistent eine Arthrose vorhanden war.

Die Gelenksspaltverschmälerungen und Verbreiterungen der Gelenkfläche bestimmen nach der Definition die Schweregrade der Arthroseentwicklung. Abhängig von ihrer morphologischen Ausprägung wurden wiederum stufenförmige, muldenförmige und wellenförmige Inkongruenzen unterschieden. 7 der 48 ehemaligen Frakturen (14,6 %) wiesen dabei Gelenkstufen von 3 mm oder weniger auf, Stufen von mehr als 3 mm kamen nicht vor. 12 nachkontrollierte Frakturen (25 %) zeigten muldenförmige Veränderungen der Gelenkfläche. Auffallend war, daß die Gelenkstufen und Mulden häufiger nach Impressionsfrakturen und kombinierten Frakturen mit Impressionen vorkamen als nach reinen Depressionsfrakturen. Von den 21 wellenförmigen Inkongruenzen traten 8 dieser Erscheinungen in Kombination mit anderen Inkongruenzen auf, am häufigsten mit muldenförmigen. Bei Arthrosen vom Schweregrad IV waren sie regelmäßig anzutreffen.

Nach 13 Frakturen waren Achsenfehler über 5 Grad aufgetreten (27,1 %). Dabei kam die Valgusfehlstellung mehr als

Tabelle 18 Röntgenologische Spätergebnisse

	D	I	K	A	
	n = 12	4	29	3	48
Arthrose	11	4	29	0	44
Arthrose präexistent	2	1	5	0	8
Gelenksspaltverschmälerung	3	1	7	0	11
Verbreiterte Gelenkfläche	5	2	13	0	20
davon ↑5 mm	4	0	8	0	12
↓5 mm	1	2	5	0	8
Inkongruenz	6	3	23	0	32
stufenförmig ↓3 mm	1	1	5	0	7
muldenförmig	1	2	9	0	12
wellenförmig	4	2	15	0	21
Valgus ↑5 Grad	1	0	8	0	9
Varus ↑5 Grad	1	0	3	0	4
Antekurvation	0	0	0	0	0
Retroversion	0	0	3	0	3

doppelt so häufig vor als die Varusfehlstellung (18,8 zu 8,3 %). Die Maximalwerte der Fehlstellung waren 12 Grad Valgus bzw. 10 Grad Varus. Am häufigsten waren die kombinierten Frakturen mit 11 Achsenfehlern betroffen, und zwar achtmal im Valgus- und dreimal im Varussinn.

Die 3 Retroversionen (6,3 %) wurden ausschließlich bei den kombinierten Frakturformen beobachtet. Darüberhinaus waren bei 3 Patienten deutliche dystrophische Veränderungen des Tibiakopfes eingetreten.

3.3.6 Arthrose in Abhängigkeit vom Frakturtyp

Von den 48 nachkontrollierten Frakturen hatten nur 4 zu keinerlei arthrotischen Veränderungen geführt, und zwar die 3 Aitken-Frakturen und einmal eine monokondyläre Depressionsfraktur bei einem jugendlichen Patienten.

Von den 8 Patienten, die bereits vor dem Trauma eine Arthrose entwickelt hatten, behielten 3 ihren Schweregrad bei, bei 5 Patienten verschlechterte sich die Arthrose um ein oder zwei Schweregrade.

Tabelle 19 Arthrose in Abhängigkeit vom Frakturtyp (Angaben in Klammern geben die Häufigkeit und den jeweiligen Schweregrad der präexistenten Arthrose an)

Arthrose	D n=12	I 4	K 29	A 3	48
Grad 0	1	0	0	3	4
Grad I	4	1 (1x1)	11 (2x1)	0	16
Grad II	4	0	8 (2x1)	0	12
Grad III	0	2	3 (1x1)	0	5
Grad IV	3 (2x3)	1	7	0	11

Bei 16 Patienten (33,3 %) wurden mittelschwere bis schwere arthrotische Veränderungen (Schweregrad III und IV) festgestellt, wobei diese allein schon bei 3 der 4 Patienten mit Impressionsfrakturen auftraten. 28 Patienten (58,3 %) wiesen im Röntgenbild nur leichtere arthrotische Veränderungen auf (Schweregrad I und II).

Bezüglich der Abhängigkeit des Arthrosegrades vom Frakturtyp ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, aber die Tendenz von Impressionsfrakturen und kombinierten Frakturen, die mit Impressionen einhergingen, zu schwere-

ren Arthrosen zu führen als Depressionsfrakturen, zeichnete sich ab (Tabelle 19).

3.3.7 Arthrose in Abhängigkeit von Bandinstabilitäten

Bei der Nachuntersuchung waren von 29 Patienten mit stabilen Bandverhältnissen 3 und von den 19 mit instabilem Bandapparat einer arthrosefrei. Letzterer war ein jugendlicher Patient, bei dem nach einer Aitken-III-Fraktur und Innenbandruptur eine geringgradige Lockerung des medialen Seitenbandes aufgetreten war.

Tabelle 20 Arthrose in Abhängigkeit von Bandinstabilitäten

	Bandapparat						
		stabil	instabil				
			med	lat	med+lat	amed	amed+alat
Arthrose	n = 29	19	4	8	1	3	3
Grad 0	3	1	1	0	0	0	0
Grad I	9	7	1	2	0	2	2
Grad II	6	6	2	3	0	1	0
Grad III	4	1	0	1	0	0	0
Grad IV	7	4	0	2	1	0	1

Von den Patienten ohne Bandinstabilitäten wiesen 15 leichtere arthrotische Veränderungen (Grad I und II) und 11 mittelschwere bis schwere Veränderungen (Grad III und IV) auf, während die Patienten mit Instabilitäten 13 mal Arthrosen vom Schweregrad I und II, aber nur fünfmal solche vom Grad III und IV entwickelt hatten. Zu denen mit geringgradigen arthrotischen Veränderungen gehörten auch 5 der 6 Patien-

ten mit einer vorderen Schublade, obwohl die Kreuzbandlockerungen jedesmal mit Seitenbandinstabilitäten einhergegangen waren (Tabelle 20).

Deshalb ließ sich keine deutliche Neigung der Frakturen, die mit Bandinstabilitäten ausgeheilt waren, zu einer stärkeren Arthroseentwicklung erkennen. Im Gegenteil hatten die Frakturen mit stabilen Bandverhältnissen eher stärkere Arthrosen entwickelt als die mit instabilem Bandapparat.

3.3.8 Arthrose in Abhängigkeit von Achsenfehlern

Von den 48 nachuntersuchten Frakturen waren 9 in Valgus- und 4 in Varusfehlstellung ausgeheilt. Die Achsenfehlstellungen gingen jedesmal mit arthrotischen Veränderungen einher.

Während von den 35 Frakturen, die normale Achsenverhältnisse zeigten, 21 Arthrosen vom Schweregrad I und II sowie 10 Arthrosen vom Schweregrad III und IV aufwiesen, hatten von den 13 Frakturen mit Achsenfehlern 7 leichtere (Grad I und II) und 6 mittelschwere (Grad III und IV) arthrotische Veränderungen (Tabelle 21).

Hieraus ließ sich die Tendenz ablesen, daß Frakturen, die in Achsenfehlstellung ausgeheilt waren, häufiger zu starken Arthrosen führten als solche mit normalen Achsenverhältnissen.

3.3.9 Arthrose in Abhängigkeit von Inkongruenzen

Insgesamt wiesen 32 der 48 nachkontrollierten Frakturen (66,6 %) im Röntgenbild Inkongruenzen der Gelenkfläche auf. Die Inkongruenzen gingen jedesmal mit arthrotischen Veränderungen einher (Tabelle 22).

Tabelle 21 Arthrose in Abhängigkeit von Achsenfehlern

Arthrose	Achse normal n = 35	Achsen-fehler 13	Valgus bis 9 8	Valgus über 9 1	Varus bis 9 3	Varus über 9 1 Grad
Grad 0	4	0	0	0	0	0
Grad I	15	1	1	0	0	0
Grad II	6	6	3	0	2	1
Grad III	4	1	1	0	0	0
Grad IV	6	5	3	1	1	0

Tabelle 22 Arthrose in Abhängigkeit von Inkongruenzen

Arthrose	Gelenkfläche kongruent n = 16	inkongruent 32	Stufe 7	Mulde 12	Welle 13
Grad 0	4	0	0	0	0
Grad I	11	5	2	2	1
Grad II	1	11	2	2	7
Grad III	0	5	1	4	0
Grad IV	0	11	2	4	5

Von den 16 Patienten mit kongruenten Gelenkflächen zeigten 12 eine Arthrose vom Schweregrad I und II, jedoch keiner eine vom Schweregrad III und IV. Anders bei den Patienten mit Inkongruenzen. Hier hatten von 32 Patienten jeweils 16 leichtere bzw. mittelschwere bis schwere arthrotische Veränderungen.

Von den 7 stufenförmigen Inkongruenzen gingen 4 mit einer erst- und zweitgradigen und 3 mit einer dritt- bis viertgradigen Arthrose einher. Eine deutliche Tendenz zu einer starken Arthroseentwicklung ließ sich bei den Gelenkstufen jedoch nicht nachweisen.

Wesentlich deutlicher in Bezug auf stärkere arthrotische Veränderungen fiel die Neigung der muldenförmigen Inkongruenzen aus. Hier traten 8 von 12 dieser Veränderungen mit Arthrosen vom Grad III und IV sowie nur 4 mit Arthrosen vom Grad I und II auf.

Wellenförmige Inkongruenzen wurden schon bei der Einteilung der Arthrose in Schweregrade berücksichtigt, da sie degenerativer Natur sind. Sie traten bei allen viertgradigen Arthrosen auf. Kamen sie in Kombination mit anderen Unregelmäßigkeiten der Gelenkflächen vor, wurden sie nicht mehr extra aufgeführt.

3.3.10 Arthrose in Abhängigkeit vom Versorgungszeitpunkt

Versucht man, eine Beziehung zwischen dem Schweregrad der Arthroseentwicklung bei der Nachkontrolle und dem Intervall zwischen Unfall und operativer Versorgung herzustellen, kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Die Frakturen, die keine arthrotischen Veränderungen zeigten, waren in der Regel sofort versorgt worden (längstes Intervall 1 Tag). Bei Arthrosen ersten Grades war die Versorgung nach durchschnittlich 3,5 Tagen (längstes Intervall 13 Tage), bei Arthrosen zweiten Grades nach 11,3 Tagen (längstes Intervall 28 Tage) und bei Arthrosen dritten Grades nach durchschnittlich 20,6 Tagen (längstes Intervall 61 Tage) erfolgt. Auffallend ist aber, daß die Frakturen, die zu einer schweren Arthrose vierten Grades führten, im Durchschnitt schon nach 2,4 Tagen operiert worden waren; das längste Intervall betrug hier 16 Tage.

3.3.11 Arthrose und Art der Spongiosaunterfütterung

Von den Frakturen, die bei 12 nachkontrollierten Patienten zu muldenförmigen Inkongruenzen geführt hatten, waren 10 mit homologem Spongiosamaterial sowie 2 gar nicht unterfüttert worden. Die mit homologer Spongiosa unterfütterten Frakturen zeigten bei der Nachkontrolle dreimal eine viertgradige, viermal eine drittgradige, zweimal eine zweitgradige und einmal eine erstgradige Arthrose. Die nicht unterfütterten Frakturen führten je einmal zu einer Arthrose ersten und zu einer vierten Grades.

Von den 7 Frakturen, die mit Gelenkstufen ausgeheilt waren, waren 3 mit homologer, 3 gar nicht und eine mit autologer Spongiosa unterfüttert worden. Die Gelenkstufen, die nach Unterfütterung mit homologem Material aufgetreten waren, gingen mit einer Arthrose zweiten, dritten oder vierten Grades einher. Nach der autologen Spongiosaunterfütterung entwickelte sich eine zweitgradige Arthrose. Die nicht unterfütterten Frakturen, die zu Gelenkstufen geführt hatten, zeigten zweimal eine Arthrose ersten und einmal eine vierten Grades.

3.3.12 Arthrose und Beschwerden

Die Gegenüberstellung von radiologischen Befunden und Angaben der Patienten bei der Nachuntersuchung hat eine gewisse Abhängigkeit der Beschwerdestärke vom Ausprägungsgrad der Arthrose ergeben (Tabelle 23).

Während von den 28 Patienten mit leichteren arthrotischen Veränderungen (Schweregrad I und II) 16 leichte und 12 mittelstarke bis starke Beschwerden angaben, klagten von den 16 mit Arthrosen vom Grad III und IV nur 4 über leichtere, aber 12 über mittelstarke bis starke Beschwerden. Die Patienten ohne Arthrose hatten keine oder nur geringe Beschwerden.

Tabelle 23 Arthrose und Beschwerden

Arthrose	n =	Beschwerden keine 14	leicht 10	mittel 14	stark 10
Grad 0		3	1	0	0
Grad I		9	2	2	3
Grad II		1	4	5	2
Grad III		1	1	1	2
Grad IV		0	2	6	3

4. DISKUSSION

Die Schwierigkeit der Therapie von Tibiakopffrakturen zeigt sich in den sehr unterschiedlichen Behandlungsergebnissen. Vielfach werden Erfolg und Mißerfolg einer Behandlungsmethode bei Gelenkfrakturen daran gemessen, wie stark die posttraumatische Arthroseentwicklung ist (SCHULITZ et al. 1973).

Unter diesem Aspekt sind an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Tübingen 48 operierte Tibiakopffrakturen 4 - 7 Jahre nach dem Unfallereignis nachuntersucht worden. Die dabei gewonnenen Ergebnisse sollen über die an der Entwicklung einer posttraumatischen Gonarthrose maßgeblich beteiligten Faktoren und deren möglicherweise günstige Beeinflussung durch ein primär operatives Vorgehen Aufschluß geben.

Im Schrifttum werden Arthrosen nach Schienbeinkopfbrüchen relativ häufig angegeben. Die Literaturangaben schwanken je nach Beurteilungskriterien zwischen 21 (RASMUSSEN 1973a) und 91 % (SCHULITZ et al. 1973). Diese Schwankungsbreite ist auch von der Dauer des Zeitintervalls bis zur Nachuntersuchung abhängig.

Um die eigenen Röntgenbilder nach einheitlichen Kriterien beurteilen und auswerten zu können, sind die verschiedenen Stadien der Arthroseentwicklung in ein modifiziertes Schema nach JONASCH (1964) und MOHING (1966) eingeteilt worden. Danach konnten bei 58,3 % der nachkontrollierten Patienten röntgenologisch leichte arthrotische Veränderungen vom Schweregrad I und II und bei 33,3 % Arthrosen vom Schweregrad III und IV festgestellt werden. Lediglich die Patienten mit Epiphysenfrakturen sowie ein jugendlicher Patient mit einer Depressionsfraktur hatten keinerlei arthrotische Veränderungen entwickelt. Bei 16,7 % der nachkontrollierten Tibiakopffrakturen haben bereits vor dem Trauma Arthrosen vorgelegen. Ähnlich hohe Angaben werden von THIELE (1968) gemacht. Nach Abzug der präexistenten

Arthrosen von der Gesamt-Arthroserate (91,7 %) müssen 75 % der arthrotischen Veränderungen bei der Nachkontrolle allein der Schienbeinkopffraktur angelastet werden. Wird noch die posttraumatische Verschlechterung der präexistenten Arthrosen berücksichtigt, so erhöht sich dieser Wert auf 85,5 %.

Dieser Umstand legt die Vermutung nahe, daß durch die Fraktur und den damit verbundenen Eingriff in die biologische Integrität des Gelenkes ein Reiz für degenerative Vorgänge im Knorpelgewebe ausgelöst wird (SCHULITZ et al. 1973). Auf die Bedeutung der enzymatischen Schädigung und den damit verbundenen Matrixverlust des Gelenkknorpels haben DUSTMANN und SCHULITZ (1975) sowie COTTA und PUHL (1976) hingewiesen. Außerdem spielen nach MÜLLER und THELEN (1976) für das Auftreten und Fortschreiten der Arthrose auch Ausdehnung und Schwere der Knorpeldefekte respektive die Ernährungsstörungen des Knorpels durch Zerstörung des subchondralen Kapillarnetzes eine Rolle. Dies konnte bei der Nachkontrolle bestätigt werden, denn die Impressionsfrakturen und die kombinierten Frakturformen mit stärkeren Impressionen haben häufiger stärkere arthrotische Veränderungen aufgewiesen als die anderen Frakturtypen.

RASMUSSEN (1973a) hat für die Entstehung der Arthrose weniger den Knorpelschaden als vielmehr ein biomechanisches Mißverhältnis im Gelenk verantwortlich gemacht. Er sowie WILPPULA und BAKALIM (1972) haben eine signifikante Zunahme an Gonarthrosen nach Tibiakopffrakturen bei Achsenabweichungen, stärkerer Gelenkinstabilität, Residualverbreiterungen des Plateaus sowie bei funktionell schlechtem Endresultat, weniger jedoch bei Residualimpressionen nachgewiesen. Nicht bestritten wird aber in allen Publikationen über die operative Behandlung von Schienbeinkopfbrüchen, daß Arthrosen auch nach idealer Rekonstruktion auftreten können. Insofern muß der Knorpelschädigung eine Schlüsselrolle in der Entwicklung der Arthrose beigemessen werden.

Bei stabilen Gelenken und guter Funktion scheint anhand

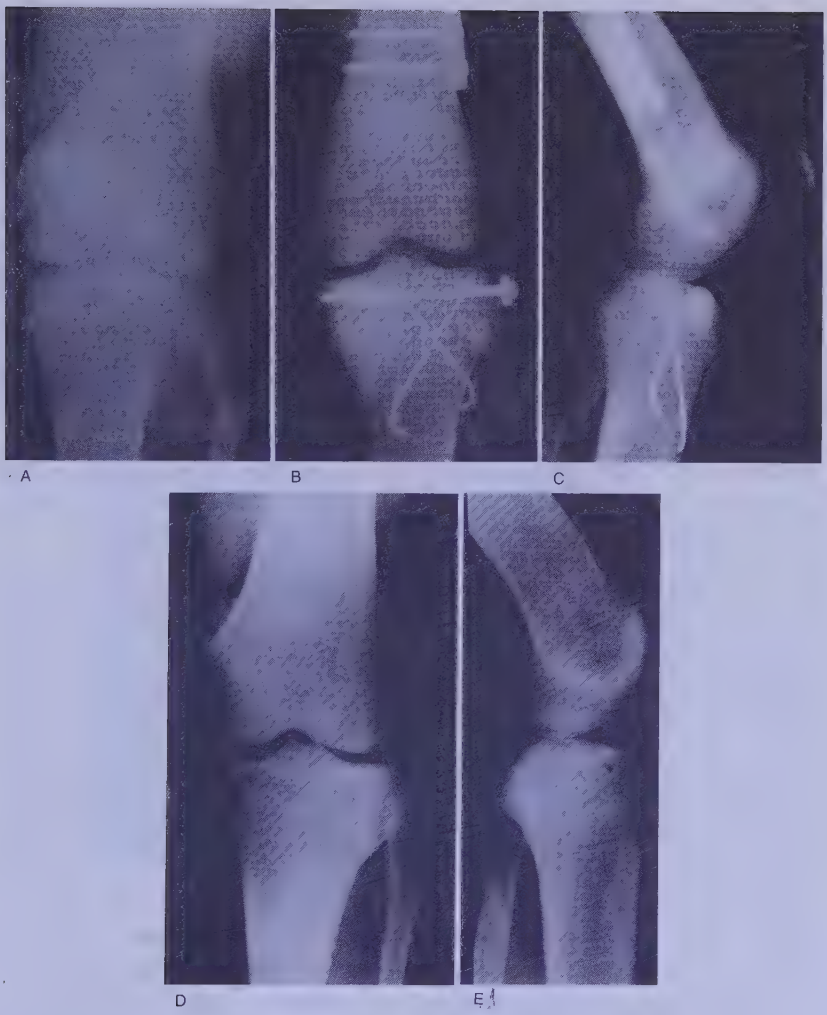

Abb. **18** Pat. K. M., 16 Jahre: Epiphyseolyse mit epiphysärem Fragment (Aitken-II-Fraktur) (**A**). Versorgung mit Zugschrauben und Spickdrähten (**B, C**). Sehr gutes Ausheilungsergebnis nach 6 Jahren ohne Sekundärarthrose, keine Wachstumsstörung, seitengleiche Funktion (**D, E**).

der gewonnenen Ergebnisse verbleibenden Gelenkstufen unter 3 mm nicht die größte Bedeutung hinsichtlich einer verstärkten Arthroseentwicklung zuzukommen. Aus diesem Grund finden sich bei rein funktioneller Therapie von Trümmerfrakturen mit Stufenbildungen mitunter günstige Resultate (JAHNA et al. 1976).

Die Bedeutung der Schädigung des Knorpels und der subchondralen Kapillarschicht als Faktoren der Arthroseentwicklung hat sich vielmehr vor allem in den Fällen gezeigt, wo nach unzureichender Unterfütterung und instabiler Osteosynthese eine abgesunkene Tibiakonsole und/oder eine muldenförmige Inkongruenz eine zusätzliche mechanische Störung verursachen. Gleichzeitig bestehende Achsenfehlstellungen können das biomechanische Mißverhältnis verstärken und einen Circulus vitiosus auslösen, der die Entwicklung der posttraumatischen Arthrose vorantreibt.

Da nach den Nachuntersuchungsergebnissen bei den Patienten mit stärkeren Arthrosen meist mehrere prädisponierende Faktoren gleichzeitig vorgelegen haben, ist es schwierig, den maßgeblichsten Faktor für die Arthroseentstehung herauszuheben. Es scheint sich aber abzuzeichnen, daß den muldenförmigen Inkongruenzen dabei die größte Bedeutung zukommt. Bei dieser Beobachtung ist auffallend, daß das Unterfütterungsmaterial bei den zu muldenförmigen Inkongruenzen führenden Frakturen ausschließlich homologe Spongiosa war. Homologes Material wird langsamer eingebaut als das autologe Transplantat, da es erst umgebaut werden muß (RÜTER, BURRI 1975, SCHWEIBERER, EITEL 1977). Wahrscheinlich wird auch eine nicht ausreichende Transplantatmenge (VITTALI et al. 1974) oder eine zu frühzeitig einsetzende Belastung zu einem sekundären Zusammensintern des unterfütterten Bezirkes führen.

Achsenfehler führen zwar auch zu stärkerer Arthroseentwicklung, eine so deutliche Korrelation, wie von HOHL und LUCK (1956) beschrieben, kann anhand der gewonnenen Ergebnisse jedoch nicht sicher nachgewiesen werden, es sei denn,

Abb. **19** Pat. E. S., 41 Jahre: Laterale Depressionsfraktur mit Fraktur der Eminentia intercondylica (**A**). Übungsstabile Plattenosteosynthese (**B, C**) und knöcherne Ausheilung in idealer Stellung bei minimaler Sekundärarthrose (Grad I) nach 4 1/2 Jahren, Funktion 0-0-130 (**D, E**).

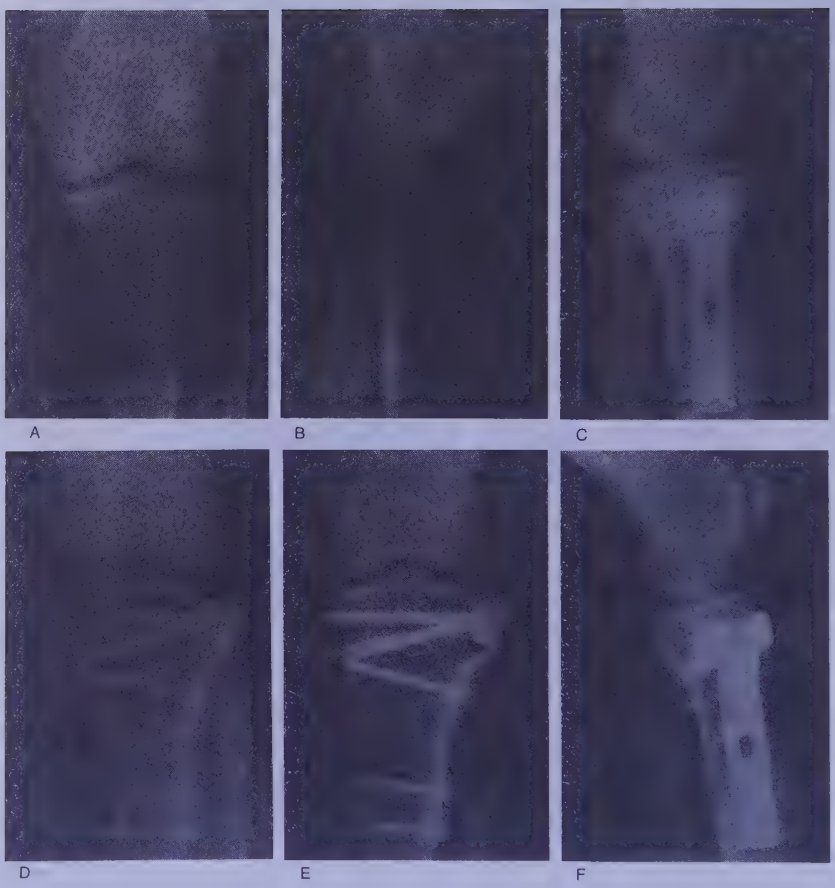

Abb. 20 Pat. E. D., 58 Jahre: Laterale Impressionsfraktur (**A**, **B**). Abstützungsosteotomie nach exakter Rekonstruktion, homologe Spongiosaplastik (**C**, **D**). Sehr gutes Ausheilungsergebnis nach 5 1/2 Jahren, Arthrose Grad I bereits präexistent, Funktion 0-0-130 (**E**, **F**).

daß gleichzeitig muldenförmige Inkongruenzen bestehen.

Die Bandinstabilitäten sind bei der Nachkontrolle bezüglich einer Arthrosebegünstigung nicht sehr ins Gewicht gefallen, da sie in der Regel muskulär kompensiert waren. So hat auch RASMUSSEN (1973a) nur bei den nicht kompensierbaren Instabilitäten eine signifikante Häufung der Gonarthrosen gefunden.

Zwischen der Stärke der Arthroseentwicklung und dem Intervall zwischen Unfall und Operation läßt sich keine sichere Beziehung herstellen. Einerseits hat die Arthrose mit der durchschnittlichen Intervalldauer bei Arthrosen vom Schweregrad I - III zugenommen, andererseits hat sich dieser Zusammenhang bei Arthrosen vom Schweregrad IV nicht mehr feststellen lassen, denn diese Frakturen waren in der Regel alle sehr frühzeitig versorgt worden.

Neben der posttraumatischen Arthroseentwicklung sind bei der Nachuntersuchung auch die Angaben der Patienten über Beschwerden von besonderem Interesse gewesen. COURVOISIER (1973) hat herausgestellt, daß das subjektive Urteil des Patienten dafür entscheidend ist, ob das Behandlungsresultat ungeachtet der röntgenologischen Befunde als gut bezeichnet werden darf oder nicht. Hier muß allerdings berücksichtigt werden, daß zwischen Angaben der Patienten und dem objektivierbaren Befund oftmals Diskrepanzen bestehen, welche einen Vergleich der Resultate erschweren. In diesem Zusammenhang hat ARENS (1969) darauf hingewiesen, daß subjektive Angaben durch ein Rentenbegehren beeinflußt werden.

Von den nachkontrollierten Patienten hat die Hälfte keine oder nur geringe Beschwerden angegeben. Insgesamt sind 66 % der Patienten mit dem Behandlungsergebnis zufrieden gewesen.

Anhand der hier Nachuntersuchten läßt sich eine gewisse Abhängigkeit der Beschwerden vom Ausmaß der Arthrose ableiten, denn von den 16 Patienten mit einer starken Arthrose haben ebensoviele (n=12) mittelstarke bis starke Be-

schwerden angegeben wie von den 28 Patienten mit einer mäßiggradigen Arthrose. Auch über die Hälfte der von RASMUSSEN (1973a) nachuntersuchten Patienten mit posttraumatischen Arthrosen klagten über stärkere Beschwerden. Diese Tendenz ist jedoch nicht einheitlich, denn ein Viertel der Patienten mit Arthrosen vom Schweregrad III und IV hat nur geringe Beschwerden angegeben. Möglicherweise hat sich ihre Arthrose gerade in einer aktivitätsarmen Phase befunden (OTTE 1971). Zudem sind Patienten mit Arthrosen, die nach idealer Rekonstruktion auftreten, häufig beschwerdefrei. Darauf haben MUGGLER et al. (1975) und SIMEON et al. (1975) hingewiesen.

Die Nachuntersuchungsergebnisse haben außerdem gezeigt, daß stärkere Beschwerden vorwiegend von den Patienten angegeben worden sind, bei denen posttraumatische Inkongruenzen, Achsenfehlstellungen und/oder Bandinstabilitäten gleichzeitig aufgetreten waren, während gleichartige Veränderungen bei isoliertem Auftreten eher mit weniger Beschwerden einhergegangen sind. Ganz einheitlich ist jedoch auch diese Tendenz nicht gewesen.

Arthrosen müssen nicht immer mit Funktionseinschränkungen verbunden sein und umgekehrt. Das beweisen die guten funktionellen Resultate bei der Nachuntersuchung. Vor allem die Streckfähigkeit, der beim normalen Gehen eine weit größere Bedeutung zukommt als der Beugung, war bei vielen Patienten (n=37) voll erhalten geblieben. Die von RASMUSSEN (1973a) angegebene Abhängigkeit der Arthrosehäufigkeit von einem schlechten funktionellen Resultat hat sich nur in wenigen Einzelfällen nachweisen lassen. Inwieweit die bei Funktionsbeeinträchtigungen meist angegebenen stärkeren Beschwerden allein auf das schlechte funktionelle Resultat zurückzuführen waren, hat sich nicht sicher beurteilen lassen, da in der Regel gleichzeitig Inkongruenzen, Achsenfehler und/oder Bandinstabilitäten bestanden haben, die ebenfalls stärkere Beschwerden verursachen können.

Nachdem die Ergebnisse der eigenen und der angeführten

anderen größeren Untersuchungen (KUSS, FELDER 1965, HENKERT et al. 1970, MAATZ et al. 1972, RASMUSSEN 1972, SCHMIT-NEUERBURG 1972, WILPPULA, BAKALIM 1972, SCHULITZ et al. 1973, MUHR, BÜTTNER 1974, HIERHOLZER et al. 1975, KUS 1975, MUGGLER et al. 1975, PERSCH, BIRKNER 1975, SIMEON et al. 1975, MUGGLER 1976, SPRING et al. 1976, CHAPCHAL 1979) ausweisen, daß neben dem initialen Knorpelschaden beim Erleiden des Schienbeinkopfbruches die verbleibende Inkongruenz der Gelenkoberfläche, die Gelenkachse und die ligamentäre Stabilität Einfluß auf die Entwicklung der posttraumatischen Arthrose nehmen, liegt der Schluß nahe, solche Frakturen operativ zu versorgen, weil mit konservativen Verfahren Impressionen und Depressionen der Gelenkflächen und damit verbunden auch Achsenfehler nicht adäquat beseitigt werden können. Gleiches gilt für ligamentäre Verletzungen in Begleitung der Schienbeinkopffraktur.

Oberstes Ziel der operativen Behandlung ist letztlich die Wiederherstellung eines biomechanischen Gleichgewichtes im Kniegelenk. Auch wenn verbleibende Residualstufen nach den hier vorgelegten Spätergebnissen bei der Begünstigung der Arthroseentwicklung nur einen Teilfaktor darstellen, sollte doch immer eine anatomische Rekonstruktion des Tibiaplateaus angestrebt werden. Wegen der sekundären Einsinterung unterfütterter Knorpelbezirke wird eine leichte Überkorrektur imprimierter Fragmente empfohlen (SCHAUWECKER, WELLER 1970).

Zur Vermeidung einer sekundären muldenförmigen Inkongruenz muß die Unterfütterung mit reichlich dicht gepacktem Spongiosamaterial erfolgen und abgespaltene und/oder deprimierte Fragmente bedürfen der Abstützung mittels Platten- oder Schraubenosteosynthese. Zur Unterfütterung empfiehlt sich die Verwendung von autologer Spongiosa. Die Spongiosaentnahme geschieht vorteilhaft aus dem Beckenkamm (HOLZ et al. 1982). Ist diese Spongiosagewinnung nicht möglich, so kann auch homologe Spongiosa aus der Knochenbank verwendet wer-

den. Dabei ist dann aber besonders darauf zu achten, daß eine ausreichende Transplantatmenge eingebracht wird und daß keine zu frühzeitige Belastung erfolgt, um ein sekundäres Zusammensintern zu vermeiden.

Öfters werden nach Schienbeinkopffrakturen Meniskusverletzungen gefunden. Ein nur randständig verletzter Meniskus sollte gemäß der Ansicht vieler Autoren nach Möglichkeit immer reinseriert werden (WITTEBOL 1968, BAKALIM, WILPPULA 1973, MUHR, BÜTTNER 1974, HELL, MÜLLER 1975, MUGGLER et al. 1975, SARVESTANI 1975, AHLERS, MÜLLER 1976, BAUER et al. 1976, RÜEDI 1976, MÜLLER et al. 1977). Anhand der Spätergebnisse konnte nämlich nachgewiesen werden, daß nach Meniskektomien gehäuft Achsenfehler und Bandinstabilitäten auftreten, in deren Folge sich wiederum stärkere Beschwerden entwickelt haben.

A B C

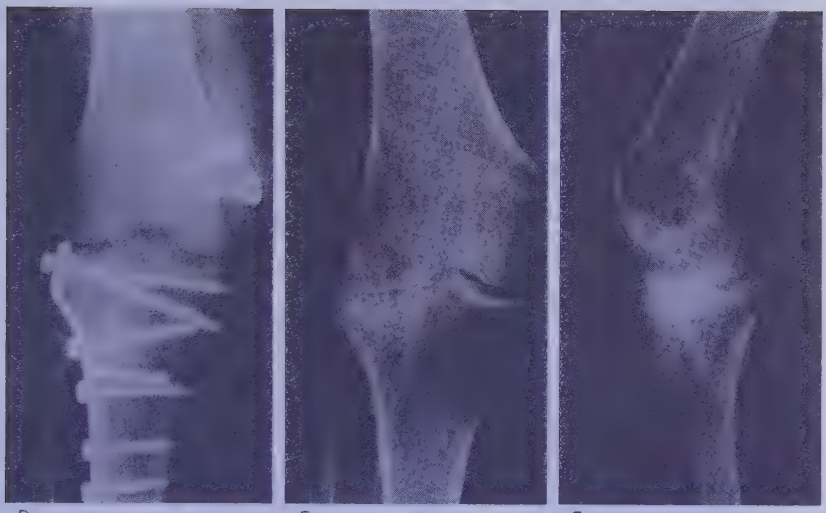

Abb. 21 Pat. T. G., 62 Jahre: Laterale Depressions-Impressionsfraktur mit Ausriß der Eminentia intercondylica, Ausriß des Innenbandes (**A, B**). Abstützungsosteotomie nach guter Rekonstruktion, homologe Spongiosaplastik, Verschraubung des ausgerissenen Bandansatzes (**C, D**). Nach 6 Jahren knöcherne Ausheilung mit muldenförmiger Inkongruenz und Gelenkspaltverschmälerung lateral bei viertgradiger Arthrose, leichte Außenbandlockerung, Funktion 0-0-120. Subjektiv wird das Behandlungsergebnis als gut empfunden (**E, F**).

Ein bedeutender Vorteil bewegungsstabiler Osteosynthesen ist die Möglichkeit zur frühfunktionellen Behandlung. Dies kann durch eine Minimalosteosynthese, die einer zusätzlichen Gipsfixation bedarf, nicht erreicht werden. Untersuchungen von SCHULITZ et al. (1973) haben die Abhängigkeit der Knorpeldegeneration von einer lange dauernden Ruhig-

stellung des Gelenkes nachgewiesen. Daher ist die frühzeitige Übungsbehandlung nach intraartikulären Frakturen anzustreben (HOHL, LUCK 1956, WEISSMAN, HEROLD 1964, SCHULITZ et al. 1973, DUSTMANN et al. 1974, VITTALI et al. 1974, DUSTMANN, SCHULITZ 1975, COTTA, PUHL 1976, SCHULITZ, DUSTMANN 1976). Zudem können die Femurkondylen bei den Bewegungsübungen kleinere Unebenheiten im Tibiaplateau noch ausgleichen (FRIEDEBOLD 1976, ROTH et al. 1976). Aus der frühfunktionellen Behandlung resultiert langfristig

A B C

D E F

Abb. 22 Pat. K. G., 18 Jahre: Laterale kombinierte Tibiakopffraktur sowie subcapitale Tibiafraktur (totale Zertrümmerung), Femurschaftfraktur (**A**, **B**). Plattenosteosynthese (**C**, **D**). Nach 4 Jahren Ausheilung mit Gelenkstufe lateral, leichter Außenbandlockerung, Retroversion und Arthrose Grad I. Funktion frei (**E**, **F**).

auch eine gute Funktion, was die Nachuntersuchungsergebnisse bestätigt haben. Schließlich verkürzt sich mitunter die Dauer des Krankenhausaufenthaltes für den Patienten.

Trotz der Vorteile für den Patienten darf nicht übersehen werden, daß jede blutige Reposition mit einem erhöhten Infektrisiko einhergeht. Insbesondere am Tibiakopf besteht wegen der spongiösen Knochenstruktur und der geringen

Weichteildeckung eine besondere Disposition, zumal der Eingriff recht schwierig sein kann. Die Knochen- und Weichteilinfektrate hat bei den geschlossenen Frakturen jeweils 3,6 %, bei den offenen Frakturen 14,3 % betragen. Zweimal nach offenen Frakturen kamen Kniegelenksempyeme vor.

Der relativ hohe Prozentsatz an Infekten, insbesondere nach den offenen Frakturen, findet eine Erklärung in dem Umstand, daß in den letzten Jahren häufiger auch drittgradig offene Trümmerfrakturen operiert wurden, zum Teil als sogenannte Erhaltungsversuche schwer geschädigter Extremitäten. Bemerkenswert scheint zu sein, daß Knocheninfekte nur nach den geschlossenen Frakturen vorkamen, die elf und mehr Tage nach dem Unfall operiert wurden. Dies unterstützt die Forderung nach einer möglichst frühzeitigen Frakturversorgung (WELLER 1968).

MUGGLER et al. (1978) fanden bei den von ihnen erfaßten Tibiakopffrakturen eine Rate der Osteitis von 0,7 - 9,5 % und eine Weichteilinfektrate bis zu 5,5 %, wobei sie aber nicht zwischen offenen und geschlossenen Frakturen unterschieden haben. Sie sind zu dem Ergebnis gekommen, daß mit zunehmender Erfahrung des Operateurs auch deutlich weniger Infektkomplikationen auftreten. Wenn es gelingt, durch eine gewebeschonende und verbesserte Operationstechnik die postoperative Komplikationsrate weiter zu senken, wäre damit ein gewichtiges Argument von Anhängern der konservativen Therapie gegen die operative Versorgung entkräftet.

Vergleiche zwischen den teilweise günstigen Behandlungsergebnissen nach konservativer (THIELE 1968, COURVOISIER 1975, JAHNA et al. 1976, LAMBIRIS et al. 1981) und denen nach operativer Versorgung der Fraktur sind kaum möglich, denn schon EISENBACH (1967) hatte festgestellt, daß viele konservativ eingestellte Kliniken meist nur Frakturen ohne stärkere Dislokation rein konservativ versorgen, während sie schwerere Bruchformen häufig doch operativ oder mit Minimalosteosynthesen angehen.

Abb. **23** Pat. K. B., 64 Jahre: Bikondyläre Tibiakopftrümmerfraktur (**A, B**). Übungsstabile Platten- und Schraubenosteosynthese (**C, D**). 6 Jahre später in achsengerechter Stellung knöchern geheilt, leichte Arthrose (Grad I) bereits präexistent, Funktion 0-0-130, geringe kombinierte Bandinstabilität. Subjektiv sehr zufrieden (**E, F**).

Mit den Untersuchungsergebnissen konnte gezeigt werden, daß neben dem primären Knorpelschaden vor allem das Vorliegen eines biomechanischen Mißverhältnisses die Prognose des Gelenkes beeinflußt. Von den prädisponierenden Faktoren sind es hauptsächlich die muldenförmigen Inkongruenzen und Achsenfehler, die eine mechanische Störung verursachen und dadurch eine Circulus vitiosus auslösen, der die Entwicklung der posttraumatischen Arthrose vorantreibt. Darüberhinaus müssen diese Faktoren auch für Beschwerden und schlechte funktionelle Resultate mitverantwortlich gemacht werden.

Eine Unterbrechung dieses Circulus vitiosus ist durch eine operative Behandlung der Fraktur am ehesten möglich. Außer einer weitgehenden Einschränkung der prädisponierenden Faktoren erlaubt diese Methode auch die Nutzung der Vorteile einer frühfunktionellen Behandlung und Frühmobilisation.

Gelingt es, die neben bereits erfreulichen subjektiven und funktionellen Ergebnissen teilweise noch unbefriedigenden Resultate zu verbessern, dann hat diese gefürchtete und oft folgenschwere, intraartikuläre Fraktur am größten Gelenk des menschlichen Körpers über lange Jahre eine gute Prognose, wenngleich bei röntgenologischen Nachuntersuchungen früher oder später einmal arthrotische Veränderungen festgestellt werden.

5. ZUSAMMENFASSUNG

1. Tibiakopffrakturen gelten als problematische Verletzungen. In der vorliegenden Arbeit werden die Frühergebnisse nach operativer Therapie bei 144 an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Tübingen von 1974 bis 1980 versorgten Patienten mit 146 Tibiakopffrakturen analysiert. Weiter wird bei einer Nachuntersuchung von 47 Patienten mit 48 Frakturen, die von 1974 bis 1977 operiert worden sind, der Frage nachgegangen, welche Faktoren maßgeblich an der Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose beteiligt und inwieweit diese durch eine Operation beeinflußbar sind.

2. Häufige Begleitverletzungen sind Läsionen des Außenmeniskus und Eminentiaausrisse, seltener kommen Verletzungen der Seitenbänder, des Innenmeniskus, der Nerven und der Hauptgefäße vor.

3. Schwerwiegendste postoperative Komplikation sind die Infekte. Knochen- und Weichteilinfekte sind jeweils nach 3,6 % der geschlossenen und nach 14,3 % der offenen Frakturen aufgetreten. Infekte nach geschlossenen Frakturen werden nur nach sekundärer Versorgung gesehen.

4. Ursache der Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose scheint neben der traumatischen Knorpelschädigung vor allem ein biomechanisches Mißverhältnis im Gelenk zu sein.

5. Als maßgeblich begünstigende Faktoren einer stärkeren Arthroseentwicklung lassen sich verantwortlich machen:

   - Muldenförmige Inkongruenzen
   - Achsenfehler
   - Kombinierte Frakturformen mit Impressionen sowie Impressionsfrakturen
   - Unzureichende Unterfütterung mit homologer Spongiosa

- Gelenkstufen

Besonders ungünstig scheint sich das gleichzeitige Auftreten von muldenförmigen Inkongruenzen und Achsenfehlern, möglicherweise auch von Bandinstabilitäten auszuwirken.

6. Die operative Behandlung kann zwar die Entstehung einer posttraumatischen Arthrose nach einigen Jahren auch nicht verhindern, aber sie scheint das Auftreten von prädisponierenden Faktoren durch eine übungsstabile Osteosynthese nach exakter Reposition und ausreichender Spongiosaunterfütterung teilweise vermeiden zu können.

7. Die guten funktionellen Resultate lassen sich großenteils auf die frühfunktionelle Behandlung zurückführen.

8. Die Hälfte der Patienten hat nach mehreren Jahren keine oder allenfalls geringe Beschwerden angegeben. Mit dem Behandlungsergebnis nach operativer Versorgung ihrer Tibiakopffraktur sind zwei Drittel der Patienten zufrieden und nur ein Drittel unzufrieden gewesen.

6. LITERATUR

AHLERS, J.; MÜLLER, W.: Die gleichzeitige Meniskusverletzung bei Tibiakopffrakturen.
Hefte Unfallheilkd. 126, 266-267 (1976)

AITKEN, A.P.: The end results of the fractured distal tibial epiphysis.
J. Bone Jt. Surg. 3, 685 (1936)

ALI, S.Y.: The degradation of cartilage matrix by an intracellular protease.
Biochem. J. 93, 611 (1964)

ALLGÖWER, M.: Weichteilprobleme und Infektionsrisiko der Osteosynthese.
Langenbecks Arch. Chir. 329, 1127 (1971)

ANDERSON, P.W.; HARLEY, J.D.; MASLIN, P.U.: Arthrographic evaluation of problems with united tibial plateau fractures.
Radiology 119, 75-78 (1976)

ANDREESEN, R.: Zur operativen Behandlung der Schienbeinkopfbrüche.
Zentralbl. Chir. 65, 2759 (1938)

ANDREESEN, R.: Schienbeinkopfbrüche und ihre Behandlung.
F. Enke, Stuttgart 1955

ANGER, R.; NAETT, R.; WOLFF, F.; COPIN, G.; BUCK, P.: Etude critique du traitement des fractures articulaires de l'extrémité supérieure du tibia.
Rev. Chir. Orthop. 54, 259-274 (1968)

ARENS, W.: Die Begutachtung der Schienbeinkopfbrüche und ihrer Folgen.
Schriftenreihe: Bericht über die Unfallmed. Tagung in Würzburg des Landesverbandes Bayern der gewerblichen Berufsgenossenschaften am 15./16. November 1969

BAKALIM, G.; WILPPULA, E.: Fractures of the tibial condyles.
Acta Orthop. Scand. 44, 311 (1973)

BALTENSWEILER, J.: Konservative Therapie der frischen Tibiakopffraktur.
Hefte Unfallheilkd. 126, 236-241 (1976)

BAUER, J.; VANICKY, D.; KLIMA, M.: Beitrag zur konservativen und operativen Versorgung von frischen Schienbeinkopfbrüchen.
Hefte Unfallheilkd. 126, 245-246 (1976)

BAUMANN, C.; ZIEGLER, A.: Tibiakopffrakturen.
Referat, Jahresversammlg. der Schweiz. Ges. f. Chir. 1976

BAUMGARTL, F.: Das Kniegelenk.
Springer, Berlin Heidelberg New York 1964

BECKER, F.: Tibiakopffrakturen.
Dtsch. Z. Chir. 243, 189-208 (1934)

BIMLER, R.: Die frühfunktionelle Behandlung der Schienbeinkopffraktur auf der Frankfurter Bewegungsschiene.
Unfallmed. Arbeitstagg. LV Nordwestdeutschland d. gew. BGen 1968

BIMLER, R.: Band-, Knorpel- und Spongiosaheilung unter frühfunktioneller Behandlung auf der Bewegungsschiene am Beispiel der Tibiakopftrümmerfraktur.
Unfallheilkunde 81, 568-576 (1978)

BIRKNER, H.; PERSCH, F.: Die Wertigkeit der Tomographie bei der Beurteilung von Schienbeinkopfbrüchen in Bezug auf Einteilung, Operationsindikation und Begutachtung.
Hefte Unfallheilkd. 126, 226 (1976)

BÖHLER, J.: Frakturen im Kniegelenk.
Langenbecks Arch. Chir. 313, 502 (1965)

BÖHLER, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung
2. Bd., 2. Teil.
12.-13. Auflage, Maudrich, Wien 1957

BOLLET, A.J.; NANCE, J.L.: Biochemical findings in normal and osteoarthritic articular cartilage. II. Chondroitin sulfate concentration and chain length, and ash content.
J. Clin. Invest. 45, 1170 (1966)

BOLLET, A.J.; BONNER, W.M.; NANCE, J.L.: The presence of hyaluronidase in various mamalian tissues.
J. Biol. Chem. 238, 3522 (1963)

BOYER, A.: Abhandlung über die chirurgischen Krankheiten und die dabei angezeigten Operationen.
Stahel, Würzburg 1818 bis 1827

BRÜCKNER, H.: Der Aufbau schwerster Tibiakopfbrüche mit autoplastischer Patella.
Chir. Praxis. 11, 601-607 (1967)

BUTTERMANN, F.: Klinik der Tibiakondylenbrüche.
Arch. Klin. Chir. 190, 580-603 (1937)

CHALNOT, P.; MICHON, J.; VICHARD, P.: La place de l'intervention chirurgicale et de l'arthrotomie dans le traitement des fractures récentes des plateaux tibiaux.
Ann. Med. Nancy Est 3, 848 (1964)

CHAPCHAL, G.: Die sekundäre Arthrosis deformans nach Frakturen der Kniekondylen und ihr Einfluß auf die Arbeitsfähigkeit.
Orthop. Prax. 8, 680-682 (1979)

CONNOLLY, J.F.; WHITTAKER, D.; WILLIAMS, E.: Femoral and tibial fractures combined with injuries to the femoral or popliteal artery.
J. Bone Jt. Surg. 53-A, 56-68 (1971)

COTTA, H.: Das Arthroseproblem unter Berücksichtigung neuer Ergebnisse der Bindegewebsforschung.
Med. Klin. 60, 1566 (1965)

COTTA, H.; PUHL, W.: Pathophysiologie des Knorpelschadens.
Hefte Unfallheilkd. 127, 1-22 (1976)

COURVOISIER, E.: Fractures of the tibial table, chlinical study-treatment, findings based on 129 cases.
AO-Bulletin, Genf 1973

COURVOISIER, E.: Fractures des plateaux tibiaux.
Rev. Chir. Orthop. 61, 280-285 (1975)

CUBBINS, W.R.; CONLEY, A.H.; SEIFFERT, G.S.: Fractures of the lateral tuberosity of the tibia with displacements of the lateral meniscus between the fragments.
Surg. Gynecol. Obstet. 48, 106 (1929)

CURREY, J.D.: The mechanical properties of bone.
Clin. Orthop. 73, 210 (1970)

CURTIS, P.H.; KLEIN, L.: Destruction of articular cartilage in septic arthritis.
J. Bone Jt. Surg. 45-A, I (1963)
J. Bone Jt. Surg. 47-A, II (1965)

DEBEYRE, J.; ARTIGOU, J.M.: Les indications et les résultats de l'ostéotomie tibiale.
Rev. Chir. Orthop. 59, 641 (1973)

DOVEY, H.; HEERFORDT, J.: Tibial condyle fractures.
Acta Chir. Scand. 137, 521-531 (1971)

DRAENERT, K.D.; SCHENK, R.K.: Morphologie und Mechanik der Menisken.
Hefte Unfallheilkd. 128, 1-6 (1976)

DUPARC, J.; FICAT, P.: Fractures articulaires de l'extrémité supérieure du tibia.
Rev. Chir. Orthop. 46, 399 (1960)

DUSTMANN, H.O.; PUHL, W.: Hämarthros und Arthrose.
Langenbecks Arch. Chir., Suppl. Chir. Forum 111, 47 (1972)

DUSTMANN, H.O.; SCHULITZ, K.P.: Konservative oder operative Behandlung von Schienbeinkopfbrüchen?
Z. Orthop. 111, 160-168 (1973)

DUSTMANN, H.O.; SCHULITZ, K.P.: Das Problem der Arthrose nach Schienbeinkopffrakturen.
Chirurg 46, 358-362 (1975)

DUSTMANN, H.O.; SCHULITZ, K.P.; PUHL, W.: Der Schienbeinkopfbruch als Präarthrose.
Z. Orthop. 112, 637-640 (1974)

ECKE, H.: Schienbeinkopfbrüche in ihren Ergebnissen nach konservativer und operativer Behandlung und mehrjähriger Behandlungszeit.
Unfallchirurgie 1, 27-31 (1975)

EISENBACH, J.: Spätergebnisse und Erfahrungen bei der konservativen und operativen Behandlung frischer Frakturen des Tibiakopfes.
Beitr. Klin. Chir. 215, 148 (1967)

EL-KHOURY, G.Y.; MC WILLIAMS, F.E.: A simple radiologic aid in the diagnosis of small avulsion fractures of the knee.
J. Trauma 18, 275-277 (1978)

ELSTROM, J.; PANKOVICH, A.M.; SASOON, H.; RODRIGUEZ, J.: The use of tomography in the assessement of fractures of the tibial plateau.
J. Bone Jt. Surg. 58-A, 551-555 (1976)

ENDER, J.: Behandlung und Behandlungsergebnisse der Schienbeinkopfbrüche.
Arch. Orthop. Traum. Surg. 47, 287 (1955)

ENDER, J.: Zur Behandlung schwerer Schienbeinkopfbrüche.
Unfallchirurgie 57, 16 (1965)

FESSEL, J.N.; CHRISMAN, O.D.: Enzymatic degradation of chondromucoprotein by cell-free extracts of human cartilage.
Arthritis Rheum. 7, 393 (1964)

FRIEDEBOLD, G.: Die posttraumatische Arthrose.
Hefte Unfallheilkd. 110, 127-140 (1972)

FRIEDEBOLD, G.: Die Arthroplastik nach Schienbeinkopfbrüchen.
Hefte Unfallheilkd. 126, 275-281 (1976)

FRIES, L.: Spätresultate nach gebolzten Tibiakopfbrüchen.
Referat, 44. Jahresversammlung der Schweiz. Ges. f. Unfallmed. u. Berufskrankhtn. 1958

FRIK, P.: Neue Röntgenuntersuchungen am Kniegelenk.
Fortschr. Geb. Röntgenstr. Nuklearmed. 46, 155 (1932)

FRYJORDET, A. Jr.: Operative treatment of tibial condyle fractures.
Acta Chir. Scand. 133, 17 (1967)

GHADIALLY, F.N.; METHA, P.N.; KIRKALDY-WILLIS, W.H.: Ultrastructure of articular cartilage in experimentally produced lipoarthrosis.
J. Bone Jt. Surg. 52-A, 1147 (1970)

GOERTHLER, K.: Grenzen und Möglichkeiten der Diagnostik entzündlicher Kniegelenkserkrankungen durch Punktion und Exzision.
Z. Orthop. 92, 275 (1959)

GREILING, H.: Biochemische Untersuchungen zur medikamentösen Therapie der Arthrose.
Hefte Unfallheilkd. 128, 87-97 (1976)

GREILING, H.; KISTERS, R.; ENGELS, G.: Die Enzyme in der Synovialflüssigkeit und ihre pathophysiologische Bedeutung.
Enzymologie 30, 135 (1966)

GREINEMANN, H.: Schienbeinkopfbrüche aus scheinbarer "Gelegenheitsursache".
Arch. Orthop. Traum. Surg. 68, 79-87 (1970)

GROH, H.; WEINMANN, E.L.: Über die am Kniegelenk auftretenden Kräfte.
Z. Orthop. 96, 527 (1962)

HABEKOST, H.J.; SCHAUWECKER, H.H.; KNAPP, U.: Möglichkeiten zur plastischen Spätversorgung von Hautdefekten bei offenen Unterschenkelfrakturen.
In: Plastische und Wiederherstellungschirurgie bei und nach Infektionen.
Hrsg.: J. Probst.
Springer, Berlin Heidelberg New York 1980

HAFNER, E.; MEULI, H.C.: Röntgenuntersuchung in der Orthopädie.
Hans Huber, Bern 1975

HALL, C.M.: The architecture of bone.
Thomas, Springfield (USA) 1966

HAND, W.L.; HAND, C.R.; DUNN, A.W.: Avulsion fractures of the tibial tubercle.
J. Bone Jt. Surg. 53-A, 1579-1583 (1971)

HARRISON, M.H.M.; SCHAJOWICZ, F.; TRUETA, J.: Osteoarthritis of the hip: A study of the nature and evolution of the disease.
J. Bone Jt. Surg. 53-B, 589 (1953)

HEERFORDT, J.; MOURITZEN, V.: Follow-up on 50 cases with fractures of the lateral tibial condyle treated predominantly by operation. Acta Orthop. Scand. 42, 430 (1971)

HELBING, G.; BURRI, C.: Ergebnisse nach Bandnähten und -plastiken am Kniegelenk unter funktioneller Behandlung. Unfallheilkunde 79, 55 (1976)

HELFERICH, H.: Atlas und Grundriß der traumatischen Frakturen und Luxationen. Lehmann, München 1896

HELL, K.; MÜLLER, C.: Spätkontrollen nach operativ behandelten Tibiakopffrakturen. Hefte Unfallheilkd. 120, 132-136 (1975)

HENKEMEYER, H.; ALBRECHT, K.; PÄSSLER, H.: Die Aussagekraft des Röntgenbildes bei der operativen Versorgung von Tibiakopffrakturen im Hinblick auf das Entstehen posttraumatischer Gonarthrosen. Aktuel. Traumatol. 2, 109-113 (1972)

HENKERT, K.; BREWKA, N.; WINTER, H.: Tibiakopffrakturen und ihre Behandlung. Beitr. Orthop. Traumatol. 17, 273-291 (1970)

HERTEL, P.; SCHWEIBERER, L.: Biomechanik und Pathophysiologie des Kniebandapparates. Hefte Unfallheilkd. 125, 1-6 (1975)

HIEBLER, W.: Therapeutische Konsequenzen aus der Szintigraphie des Schienbeinkopfes. Hefte Unfallheilkd. 126, 232-233 (1976)

HIERHOLZER, G.; VOORHOEVE, A.; KLEINING, R.; KEHR, H.: Reinterventionen nach Schienbeinkopfbrüchen.
Chirurg 46, 352-358 (1975)

HIRSCH, G.; SULLIVAN, L.: Experimental knee-joints fractures.
Acta Orthop. Scand. 36, 391 (1965)

HOAGLUND, F.T.: Experimental hemarthrosis.
J. Bone Jt. Surg. 49-A, 285 (1967)

HOFMANN, G.: Schienbeinkopfbrüche und Mehrfachbrüche der das Kniegelenk bildenden Knochen.
Bericht über die 5. Murnauer Unfalltagung der Landesverbände der gewerblichen Berufsgenossenschaften am 10. Juni 1978, Heft 34

HOHL, M.; LUCK, J.V.: Fractures of the tibial condyle.
J. Bone Jt. Surg. 38-A, 1001-1017 (1956)

HOLZ, U.: Ursachen, Formen und Begleitverletzungen der Tibiakopffraktur.
Hefte Unfallheilkd. 120, 99-113 (1975a)

HOLZ, U.: Formen und Einteilung der Tibiakopffrakturen.
Chirurg 46, 341-344 (1975b)

HOLZ, U.: Die posttraumatische Arthrose.
Therapiewoche 26, 6890 (1976)

HOLZ, U.; WELLER, S.; BORELL-KOST, S.: Indikation, Technik und Ergebnisse der autogenen Knochentransplantation.
Chirurg 53, 219-224 (1982)

HORWITZ, A.; DORFMAN, A.: Subcellular sites for synthesis of chondromucoprotein of cartilage.
J. Cell Biol. 38, 258 (1968)

HUGHSTON, J.C.; EILERS, A.F.: The role of the posterior ligament in repairs of acute medial (collateral) ligament tears of the knee.
J. Bone Jt. Surg. 55-A, 923 (1973)

HULTEN, O.: Über die indirekten Brüche des Tibiakopfes.
Acta Chir. Scand. 66, Suppl 15 (1929)

HULTEN, O.: Über die Behandlung der schalenförmigen Eindrückungen der Gelenkflächen des Tibiakopfes.
Zentralbl. Chir. 59, 344-349 (1932)

HUSSA, A.: Compendium der Lehre von den Knochenbrüchen.
Braumüller, Wien 1858

JÄGER, M.; GASTEIGER, W.; WESELOH, G.: Die Tibiakopffraktur des alten Menschen. Bruchform, Therapie und Nachuntersuchungsergebnisse.
Unfallheilkunde 73, 228-236 (1970)

JAHNA, H.; VLASICH, E.; ZIFKO, B.: Spätergebnisse von primär stark verschobenen Schienbeinkopfbrüchen (konservative Behandlung und Minimalosteosynthese).
Hefte Unfallheilkd. 126, 299-310 (1976)

JANKER, R.: Das Röntgenschichtverfahren.
Zentralbl. Chir. 64, 826-861 (1937)

JANOFF, A.; BLONDIN, J.: Depletion of cartilage matrix by a neutral protease fraction of human leucocyte lysosomes.
Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 135, 302 (1970)

JONASCH, E.: Das Kniegelenk.
Walter de Gruyter & Co., Berlin 1964

JUNGHANNS, H.: Die Brüche des knienahen Unterschenkelabschnitts (Schienbeinkopfbrüche).
Langenbecks Arch. Chir. 276, 242-253 (1953)

KAPANDIJ, I.A.: Physiologie articulaire.
Librairie Maloine, Paris 1965

KAPPIS, M.: Ergebnisse der operativen Behandlung des schalenförmigen Einbruchs am Schienbeinkopf.
Chirurg 6, 62 (1934)

KATZENSTEIN, M.: Über Periost- und Knochenüberpflanzungen nebst einem Vorschlag zur Heilung des Platt-Knickfußes.
Klin. Wochenschr. 51, 699 (1914)

KENNEDY, J.C.; BAILEY, W.H.: Experimental tibial-plateau fractures.
J. Bone Jt. Surg. 50-A, 1522 (1968)

KENNEDY, J.C.; HAWKINS, R.J.; WILLIS, R.B.; DANYLCHUK, K.D.: Tension studies of human knee ligaments.
J. Bone Jt. Surg. 58-A, 350-355 (1976)

KETTELKAMP, D.B.; JACOBS, A.W.: Tibiofemoral contact area - determination and implications.
J. Bone Jt. Surg. 54-A, 349 (1972)

KNAPP, U.; WELLER, S.: Weichteilversorgung bei offenen Frakturen.
Aktuel. Traumatol. 8, 319-327 (1978)

KRIEG, H.; CHMIELEWSKI, W.; SARVESTANI, H.: Die Versorgung der Impressionsfrakturen am Tibiakopf durch Plattenosteosynthese.
Hefte Unfallheilkd. 126, 256-257 (1976)

KÖHR, J.; KLAMMER, H.L.; NEDJABAT, T.; KÄUFER, C.; BLÖMER, A.: Zur operativen Behandlung von Tibiakopffrakturen.
Therapiewoche 5, 401-404 (1974)

KUMMER, A.: Eine neue Behandlung des hohen, bis ins Kniegelenk durchlaufenden Tibiabruches auf operativem Wege.
Zentralbl. Chir. 62, 503-513 (1935)

KUMMER, B.: Grundlagen der Biomechanik des menschlichen Stütz- und Bewegungsapparates.
IX Int. Kongress Orthop. Chir. Traumatol. Wien 1963 Bd. 2.
Verlag der Wiener Med. Akademie, Wien 1965

KUS, W.M.: Gonarthrosis due to fractures of the upper end of the tibia.
Chir. Narzadow Ruchu Ortop. Pol. 40, 579 (1975)

KUSS, B.: Bemerkenswerte Eigenschaften der Schienbeinkopfbrüche und ihre Bedeutung für die Wahl der Behandlung.
Zentralbl. Chir. 43, 1569 (1966)

KUSS, B.: Zur Indikation und Technik der Osteosynthese von Schienbeinkopfbrüchen.
Arch. Orthop. Traum. Surg. 61, 297-314 (1967)

KUSS, B.; FELDER, K.: Spätergebnisse der Behandlung von Schienbeinkopfbrüchen.
Unfallheilkunde 68, 348 (1965)

LACK, C.H.; ROGERS, H.J.: Action of plasmin on cartilage.
Nature 182, 948 (1958)

LAMBIRIS, E.; FRIEDEBOLD, G.; TSERONIS, S.: 12-Jahres-Ergebnisse frischversorgter Schienbeinkopffrakturen.
Orthop. Prax. 10, 805 (1981)

LAZARUS, G.S.; DANIELS, J.R.; BROWN, R.S.; BLADEN, H.A.; FULLMER, H.M.: Degradation of collagen by a human granulocyte collagenolytic system.
J. Clin. Invest. 47, 2622 (1968)

LECHER, W.: Rekonstruktion veralteter Schienbeinkopfbrüche.
Hefte Unfallheilkd. 126, 272-275 (1976)

LEHMANN, C.: Zentrale Depressionsbrüche der Tibiakondylen.
Zentralbl. Chir. 63, 2672 (1936)

LENTZ, W.: Ergebnisse der Behandlung von schweren Tibiakopfbrüchen mit der Spongiosafeder.
Chirurg 6, 252 (1956)

LEXER, E.: Die freien Transplantationen, Teil 2.
F. Enke, Stuttgart 1924

LEXER, E.: Die Richtigstellung der Schienbeingelenkfläche durch Hebung mit Knochenkeilen.
Zentralbl. Chir. 59, 642 (1932)

LINKE, E.G.: Die Trümmerfrakturen des Tibiakopfes.
Therapiewoche 22, 1615 (1972)

LUCHT, U.; PILGAARD, S.: Fractures of the tibial condyles.
Acta Orthop. Scand. 42, 366-376 (1971)

LUCY, J.A.; DINGLE, J.T.; FELL, H.B.: Studies on the mode of action of excess of vitamin A. Biochem. J. 79, 1961 (1961)

MAATZ, R. et al.: Grenzen der Seitenkongruenz der tibialen Gelenkflächen, die Bedeutung der unverletzten Seite als Repositionsvorlage. Chirurg 43, 522 (1972)

MALGAIGNE, J.F.: Knochenbrüche. Rieger, Stuttgart 1850

MAQUET, P.; SIMONET, J.; MARCHIN, P. de: Biomechanique du genou et gonarthrose. Rev. Chir. Orthop. 53, 111 (1967)

MAROUDAS, A.; BULLOUGH, P.; SWANSON, S.; FREEMAN, M.: The permeability of articular catilage. J. Bone Jt. Surg. 50-B, 166 (1968)

MATTHIASS, A.H.: Die Reaktion der Gelenke auf Behandlungsmaßnahmen. Verh. Dtsch. Ges. Orthop. 51. Kongr. 1965

MATTHIASS, A.H.; GLUPE, J.: Immobilisation und Druckbelastung in ihrer Wirkung auf die Gelenke. Arch. Orthop. Traum. Surg. 60, 380 (1966)

MC CUTCHEN, C.W.: Physiological lubrification: In lubrification and wear in living artificial human joints. The institution of mechanical engineers, Proc. 1966-67 181, Part. 3 J. Birdcage Walk. Westminster, London 1967

MENSCHIK, A.: Mechanik des Kniegelenks, 1. Teil.
Z. Orthop. 112, 481 (1974)

MERLE D'AUBIGNE, R.; MAZAS, F.: Formes anatomiques et traitement des fractures de l'extrémité supérieure du tibia.
Rev. Chir. Orthop. 46, 289 (1960)

MILLER, E.J.: Biochemical characteristics and biological significance of the genetically-distinct collagens.
Mo. Cell. Biochem. 13, 165-192 (1976)

MOHING, W.: Die Arthrosis deformans des Kniegelenks.
Springer, Berlin Heidelberg New York 1966

MOLLOWITZ, G.; THIEMANN, K.: Kniegelenksarthrographie nach Schienbeinkopfbrüchen.
Hefte Unfallheilkd. 126, 230-231 (1976)

MOORE, T.M.; HARVEY, J.P. Jr.: Roentgenographic measurement of tibial-plateau depression due to fracture.
J. Bone Jt. Surg. 56-A, 155 (1974)

MOURGUES, G. de; CHAIX, D.: Traitement des fractures des plateaux tibiaux.
Rev. Chir. Orthop. 50, 103 (1964)

MOURGUES, G. de et al.: Les fractures des plateaux tibiaux, à propos de 254 cas.
Nouv. Presse Med. 54, 2037 (1969)

MÜLLER, K.H.; THELEN, E.: Ergebnisse und posttraumatische Arthrose nach operativ versorgten Tibiakopffrakturen.
Aktuel. Traumatol. 6, 55 (1976)

MÜLLER, M.E.; ALLGÖWER, M.; SCHNEIDER, R.; WILLENEGGER, H.: Manual der Osteosynthese, AO-Technik, 2. Aufl.
Springer, Berlin Heidelberg New York 1977

MÜLLER, W.; AHLERS, J.: Zur Meißelfraktur des Tibiakopfes.
Hefte Unfallheilkd. 126, 267-270 (1976)

MUGGLER, E.: Spätergebnisse nach 225 operativ versorgten Tibiakopffrakturen.
Hefte Unfallheilkd. 126, 312-315 (1976)

MUGGLER, E. et al.: Spätergebnisse von 160 operativ versorgten Tibiakopffrakturen.
Hefte Unfallheilkd. 120, 122-131 (1975a)

MUGGLER, E.; HUBER, D.; BURRI, C.: Ergebnisse nach operativer Versorgung von 225 Tibiakopffrakturen.
Chirurg 46, 348-352 (1975b)

MUGGLER, E.; BARTZKE, G.; BURRI, C.: Die Tibiakopffraktur. Problematik, operative Therapie und Resultate.
Unfallchirurgie 4, 157-178 (1978)

MUHR, G.: Der frische Knorpelschaden.
Hefte Unfallheilkd. 127, 59-70 (1976)

MUHR, G.; BÜTTNER, D.: Indikation und Technik operativer Versorgung intraartikulärer Frakturen des Kniegelenks.
Unfallheilkunde 77, 1 (1974)

NEWBERG, A.H.; GREENSTEIN, R.: Radiographic evaluation of tibial plateau fractures.
Radiology 126, 319-323 (1978)

NICOLET, A.: Die Meniskusverletzung bei Tibiakopffrakturen.
Langenbecks Arch. Chir. 313, 544-545 (1965)

NIMNI, M.; DESHMUKH, K.: Differences in collagen metabolism between normal and osteoarthritic human articular cartilage.
Science 181, 751-752 (1973)

NONNEMANN, H.C.: Einteilung, operative Behandlung und Spätergebnisse bei Tibiakopffrakturen.
Hefte Unfallheilkd. 126, 270-272 (1976)

NYGA, W.: Tibiakopffrakturen. Behandlung - Ergebnisse.
Chir. Praxis 14, 291-298 (1970)

OTTE, P.: Die Pathophysiologie der Arthrosen.
Therapiewoche 37, 2723-2725 (1971)

PÄSSLER, H.H.; HENKEMEYER, H.; BURRI, C.: Funktionelle Behandlung nach Bandnaht und -plastik am Kniegelenk.
Langenbecks Arch. Chir., Suppl. Chir. Forum 51, 1972

PÄSSLER, H.H.; WAGENMANN, W.: Die Diagnostik der Defekte des Tibiaplateaus.
Unfallchirurgie 2, 19-22 (1976)

PAUWELS, F.: Bedeutung und kausale Erklärung der Spongiosaarchitektur in neuer Auffassung.
Ärztl. Wochenschr. 3, 379 (1948)

PERSCH, W.F.; BIRKNER, H.: Erkennung, Einteilung, Diagnostik und Begutachtung von Tibiakopfbrüchen.
Unfallheilkunde 78, 315-320 (1975)

PFAEHLER, E.: Zur Behandlung von Tibiakopfbrüchen auf Grund von 179 Fällen aus dem Krankengut der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt der Jahre 1950-1954.
Z. Unfallmed. Berufskr. 55, 325 (1962)

PLAUE, R.; NIETHARD, F.U.: Experimentelle Untersuchungen über die Grenzen der röntgenologischen Darstellung von Impressionsbrüchen des Tibiaplateaus.
Hefte Unfallheilkd. 126, 224-225 (1976)

PUHL, W.: Die Mikromorphologie gesunder Gelenkknorpeloberflächen.
Z. Orthop. 112, 262 (1974)

RASMUSSEN, P.S.: A functional approach to evaluation and treatment of tibial condylar fractures.
Elanders Boktryckeri Aktiebolag, Göteborg 1971

RASMUSSEN, P.S.: Tibial condylar fractures as a cause of degenerative arthritis.
Acta Orthop. Scand. 43, 566 (1972)

RASMUSSEN, P.S.: Gonarthrose nach Tibiakopffrakturen.
Z. Orthop. 111, 509-512 (1973a)

RASMUSSEN, P.S.: Tibial condylar fractures. Impairment of knee joint stability as an indication for surgial treatment.
J. Bone Jt. Surg. 55-A, 1331-1350 (1973b)

RASMUSSEN, P.S.; SØRENSEN, S.E.: Tibial condylar fractures: Non-operative treatment of lateral compression fractures without impairment of knee-joint stability.
Injury 4, 265-271 (1973)

RAVOTH, F.W.T.: Lehrbuch der Frakturen, Luxationen und Bandagen.
Hirschwald, Berlin 1856

REHN, J.: Die operative Behandlung der Schienbeinkopfbrüche.
Zentralbl. Chir. 102, 905-911 (1977)

REICHMANN, J.; KEITEL, R.: Die Frakturen des Tibiakopfes.
Z. Ärztl. Fortbild. 62, 17 (1967)

REPO, R.U.; MITCHELL, N.: Collagen synthesis in mature articular cartilage of the rabbit.
J. Bone Jt. Surg. 53-B, 541 (1971)

RICHTER, A.L.: Theoretisch-praktisches Handbuch der Lehre von den Brüchen und Verrenkungen der Knochen.
Enslin, Berlin 1828

RICHTER, H.; HÖFER, D.: Unsere Erfahrungen in der Unterfütterung der Tibiakopfimpressionen mit heteroplastischer Spongiosa.
Unfallheilkunde 72, 311-316 (1969)

RIEDL, H.: Seltene Kompressionsfraktur der Tibia.
Unfallheilkunde 14, 231 (1907)

ROBERTS, J.M.: Fractures of the condyles of the tibia.
J. Bone Jt. Surg. 50-A, 1505-1521 (1968)

ROCKOFF, S.D.; SWEET, E.; BLENSTEIN, J.: The relative contribution of trabecular and cortical bone of the strength of human lumbar vertebrae.
Calcif. Tissue Int. 3, 163 (1969)

ROTH, B.; MÜLLER, J.; ALLEMANN, F.: Die offene Tibiakopffraktur, ihre Osteosynthese und deren Spätergebnisse.
Hefte Unfallheilkd. 126, 262-263 (1976)

RÜEDI, T.: Operative Behandlung der Tibiakopfbrüche.
Hefte Unfallheilkd. 126, 248-253 (1976)

RÜTER, A.; BURRI, C.: Tibiakopffrakturen, Diskussion und Empfehlungen.
Hefte Unfallheilkd. 120, 145 (1975)

RÜTER, A.; PLANK, E.; BURRI, C.: Das verletzte Kniegelenk.
Med. Klin. 73, 1610-1620 (1978)

RUF, P.: Beitrag zur Behandlung der Schienbeinkopfbrüche.
Unfallheilkunde 69, 74 (1966)

SARVESTANI, M.: Komplikationen nach Tibiakopffrakturen und ihre Behandlungsmöglichkeiten mit Hilfe der Plattenosteosynthese.
Münch. Med. Wochenschr. 117, 275 (1975)

SCHAUWECKER, F.; WELLER, S.: Die operative Behandlung der Tibiakopf- und subkondylären Tibiafrakturen.
Unfallheilkunde 73, 114-126 (1970)

SCHMIT-NEUERBURG, K.P.: Zur Behandlung des Schienbeinkopfbruches.
Aktuel. Traumatol. 2, 101 (1972)

SCHÜRCH, O.; ACKERMANN, W.: Über die Technik der Frakturbehandlung mit dem Gewindebolzen.
Z. Unfallmed. Berufskr. 37, 228 (1944)

SCHULITZ, K.P.: Regeneration der Synovialis - Morphologie und Klinik.
Habilitationsschrift 1970

SCHULITZ, K.P.; DUSTMANN, H.O.: Spätschäden nach Tibiakopffrakturen.
Hefte Unfallheilkd. 126, 318-321 (1976)

SCHULITZ, K.P.; DUSTMANN, H.O.; PUHL, W.: Die Entwicklung der posttraumatischen Arthrose am Beispiel des Schienbeinkopfbruches.
Arch. Orthop. Traum. Surg. 76, 136-148 (1973)

SCHWARZKOPF, W.; AHLERS, J.; KIRSCHNER, P.: Abrisse und Frakturen der Tuberositas tibiae.
Unfallheilkunde 83, 360-365 (1980)

SCHWEIBERER, L.; EITEL, F.: Bone transplantation in animals and in man.
In: Transplantation. Hrsg.: J.W. Masshoff, (Handbuch der allgemeinen Pathologie, Bd. VI/8).
Springer, Berlin Heidelberg New York 1977

SIMEON, B.; CADALBERT, M.; MATTA, S.; THOMA, R.; HUGGLER, A.: Posttraumatische Arthrosen nach Osteosynthese bei Tibiakopffrakturen.
Z. Unfallmed. Berufskr. 68, 29-36 (1975)

SMILLIE, J.: Injuries of the knee joint.
London 1962

SONNTAG, O.: Frakturen am oberen Ende der Tibia.
Beitr. Klin. Chir. 50, 430-463 (1906)

SPIER, W.; BURRI, C.: Behandlungsprinzipien bei Tibiakopffrakturen.
Chirurg 46, 345-347 (1975)

SPIER, W.; MUGGLER, E.: Tibiakopffrakturen.
Langenbecks Arch. Chir. 345, 409-414 (1977)

SPIER, W.; RÜTER, A.: Tibiakopffrakturen.
Hefte Unfallheilkd. 120, 114-121 (1975)

SPRING, R.; MAGERL, F.; FREULER, F.: Spätergebnisse der operativen Therapie von Tibiakopffrakturen.
Helv. Chir. Acta 43, 437-438 (1976)

STIPICIC, J.; ENGLER, I.; REINER, E.: Medizinische Rehabilitation nach Schienbeinkopfbrüchen.
Hefte Unfallheilkd. 126, 321-324 (1976)

STOCKWELL, R.A.: Changes in the acid glycosaminoglycan content of the matrix of ageing human articular cartilage.
Ann. Rheum. Dis. 29, 509 (1970)

TANTON, J.: Fractures. Fractures du membre inférieur.
Nouveau Traité de Chirurgie (Paris) 4, 2 (1916)

THIELE, K.: Schienbeinkopfbrüche, Bruchformen, Behandlung, Spätergebnisse bei 486 Fällen.
Hefte Unfallheilkd. 95, 48-56 (1968)

THIELE, K.: Nachuntersuchungen von Schienbeinkopfbrüchen.
Hefte Unfallheilkd. 126, 310-312 (1976)

TITTEL, K.: Die Behandlung von Verletzungen der Wachstumsfuge.
Aktuel. Traumatol. 10, 143-151 (1980)

TITZE, A.: Ersatz der zertrümmerten Gelenkfläche des Schienbeinkopfes durch die Kniescheibe.
Chirurg 33, 360 (1962)

UEHLINGER, E.: Die pathologische Anatomie der traumatischen Arthrose.
Hefte Unfallheilkd. 110, 111-123 (1972)

VICK, J.: Ergebnisse nach konservativer Behandlung von Tibiakopffrakturen.
Zentralbl. Chir. 26, 1003 (1965)

VITTALI, H.P.; SCHELLMANN, W.D.; KLEMM, K.: Behandlungsfehlschläge bei Tibiakopffrakturen.
Unfallheilkunde 77, 368-378 (1974)

WALCHER, K.: Atypische Tibiakopffrakturen und Tibiakopfpseudarthrosen.
Hefte Unfallheilkd. 126, 265-266 (1976)

WATSON-JONES, R.: Fractures and joint injuries.
4th ed., London 1955, 800

WEBER, B.G.: Epiphysenfugen - Verletzungen.
Helv. Chir. Acta 31, 103-118 (1964)

WEISSMAN, G.; SPILBERG, J.: Breakdown of cartilage protein - polysaccharide by lysosomes.
Arthritis Rheum. 11, 162 (1968)

WEISSMAN, S.L.; HEROLD, Z.H.: Fractures of the tibial plateau.
Clin. Orthop. 33, 194 (1964)

WELLER, S.: Die Behandlung der Frakturen der Femurcondylen und des Tibiakopfes.
Unfallmedizinische Tagungen der Landesverbände der gewerblichen Berufsgenossenschaften Heft 3, 75-86 (1968)

WILHELM, K.; RUEFF, F.L.; BEDACHT, R.: Die operative Versorgung von Tibiakopffrakturen. Unfallheilkunde 74, 153-168 (1971)

WILPPULA, E.; BAKALIM, G.: Ligamentous tear concomitant with tibial condylar fracture. Acta Orthop. Scand. 43, 292-300 (1972)

WILSON, W.J.; JACOBS, J.E.: Patellar graft for severely depressed comminuted fractures of the tibial condyle. J. Bone Jt. Surg. 34-A, 432 (1952)

WITT, U.N.: Der Wert der Tomographie zur Beurteilung der Spätergebnisse der Tibiakopfbrüche. Hefte Unfallheilkd. 126, 228-230 (1976)

WITTEBOL, P.: Treatment of fractures of the tibial plateau. Arch. Chir. Neerl. 20, 253-267 (1968)

WRUHS, O.: Arthroskopie bei Schienbeinkopfbrüchen. Hefte Unfallheikd. 126, 234-236 (1976)

ZECH, G.: Pathophysiologie und Diagnostik der Schienbeinkopfbrüche. 8. Unfallseminar. Unfallchirurgische Klinik der Medizinischen Hochschule Hannover am 22. Juni 1972

ZIFF, M.; GRIBETZ, J.J.; COSPALLUTO, J.: Effect of leucocyte and synovial membrane extracts on cartilage mucoprotein. J. Clin. Invest. 39, 405 (1960)

ZIFKO, B.; VLASICH, E.: Behandlung der Schienbeinkopfbrüche und ihre Ergebnisse. Arch. Orthop. Traum. Surg. 66, 297-309 (1969)

7. ANHANG

ERHEBUNGSBOGEN

1.) PATIENT Name ..... Vorname .....

Geb.Dat. ..... männl. ... weibl. ...

Beruf .....

2.) UNFALLDATUM: ..... Polytrauma .....

3.) UNFALLART

.... Arbeitsunfall
.... Verkehrsunfall
.... Sportunfall Sportart .....
.... Sonst. Unfall

4.) ART UND LOKALISATION DES BRUCHES

.... links .... rechts .... beidseitig
.... geschlossen .... offen (Grad: ....)
.... Depressionsfraktur
.... Impressionsfraktur .... lokal .... total
.... Trümmerfraktur
.... Spaltfraktur
....
.... medial .... unikondylär
.... lateral .... bikondylär
.... Aitken I
.... Aitken II
.... Aitken III
.... Frakturen der Eminentia intercondylica

Beschreibung:

5.) BEGLEITVERLETZUNGEN

... Bandapparat ... Ruptur
... Seitenband .. medial .. lateral
... Kreuzband .. anterior .. posterior

... Meniskus ... med. ... lat.

... Quadricepssehne ... Ruptur ... .

... Knochenläsion ... Fibula ... Caput ... Schaft
... Tibiaschaft ... Fraktur ... Fissur
... Patella: .....
... andere Frakturen ... am selben Bein
... anderswo

Beschreibung:

... Haut:
... Weichteile:
... Gefäßläsion:
... Nervenläsion:
... Sonstige:

6.) BEHANDLUNG ... konservativ ... operativ

Konservativ

... nur Ruhigstellung auf Schiene
... Oberschenkelgips ... Drahtextension
... Bewegungsschiene ... Reposition

... sofort ... nach ..... Tg.

Dauer der stat. Behandlung: Anat. Ergebnis:

Operativ

... sofort
... am ..... Tag nach Unfall

Grund: ... Polytrauma
... .

... Plattenosteosynthese
... med.
... lat.
... Andere:

... Wiederherstellung des Tibiaplateaus
... direkt

... Unterfütterung ... Autol. Spongiosa
... Homol. Spongiosa (Knochenbank)

... Meniskus ... medial ... lateral
... entfernt
... reinseriert ... nach Trauma ... nach OP

... Bandapparat ... Bandnaht ... Verschraubung des Bandansatzes
... Seitenband ... medial ... lateral
... Kreuzband ... anterior ... posterior

Postoperative Behandlung abweichend vom Standard.

7.) NACHBEHANDLUNG

... Aktive Mobilisation .... Tg. nach OP
... Teilbelastung .... Tg. nach OP
... Vollbelastung .... Tg. nach OP
... Krankenhausaufenthalt .... Tg.
... Metallentfernung .... noch nicht entfernt
.... nach ..... Monaten

Dauer der Arbeitsunfähigkeit .... Wochen

8.) KOMPLIKATIONEN: postoperativ

... Hämatom
... Nahtdehiscenz
... Hautnekrose
... Reizergüsse

... Infekt .... Tg/Wo nach OP
... Stufe/Dislokation
... Thrombose ... Lungenembolie ... Thrombophlebitis
.... Tg/Wo nach OP
... Neurol. Ausfälle:
... Sonstige:
... Sekundär-OP

Beschreibung:

9.) FRÜHERGEBNIS

OP-Ergebnis unter Sicht:

Anatomische Wiederherstellung ... vollständig
... unvollständig
Stufe in .... mm

Röntgenologisches Resultat:

... Vorbestehende Arthrose
... Verbreiterung d. Gelenkfläche
... Inkongruenz
... Achsenfehler
... im Valgussinn
... im Varussinn
... Antekurvation ... Rekurvation
... Sonstiges:

10.) SPÄTERGEBNIS Untersuchungstermin .... Mon.p.OP/ Unfall

Subjektiv:

Schmerzen ... keine
... Ruheschmerz
... Belastungsschmerz
... beim Gehen

Subjektives Behandlungsergebnis:

Röntgenologisches Resultat:

... knöchern geheilt ... Bruchspalt erkennbar
... Verbreiterung der Gelenkfläche
... Inkongruenz
... Achsenfehler ... im Valgussinn
... im Varussinn
... Arthrose: .....
... keine Angaben
... Antekurvation ... Rekurvation
... Sonstiges:

Metall ... liegt noch ... entfernt

Funktionelles Resultat:

Gang ... unbehindert
... leichtes Hinken ... ohne Stock ... mit Stock
... stark hinkend

... Äußere Deformierung
... Gelenkerguß / Schwellung
... Überwärmung
... Druckschmerz

Lokalisation des Bruches:

links rechts beidseitig

Bewegungsumfang re.:
(Neutral-0-Methode) li.:

Bandapparat: ... stabil
... instabil ... Seitenbänder:
... Wackelknie
... Kreuzbänder
... Schublade .... cm

Beschreibung:

... Beinverkürzung .... cm
... Muskelatrophie: Oberschenkel .... cm
Unterschenkel .... cm
... Unterschenkelschwellung

11.) AUSWIRKUNG AUF ARBEITSLEISTUNG UND ERWERBSFÄHIGKEIT

... MdE (Prozent)

Bemerkungen:

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.Doz. Dr. med. U. Holz für die Überlassung des Themas, für seine wertvollen Anregungen und die stets zuteil gewordene Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit.

Desweiteren bin ich den Mitarbeitern aus der Medizinischen Dokumentationsstelle und aus der Röntgenabteilung der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen sowie dem Fotografen Herrn Kress für die tatkräftige Unterstützung zu Dank verpflichtet.

LEBENSLAUF

Am 30. Mai 1958 wurde ich, Günther Welte, als Sohn des Schriftsetzers Gebhard Welte und seiner Ehefrau Notburga, geb. Striegel, in Wangen im Allgäu geboren.

Da meine Eltern 1960 nach Münsingen umgezogen waren, trat ich 1965 in die dortige Grundschule ein. Auf Grund eines weiteren Umzuges setzte ich meine Schulausbildung ab 1966 in Saulgau fort, wo ich 1968 ins Gymnasium überwechselte. Im Mai 1977 legte ich am Gymnasium Saulgau die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1978 begann ich an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen das Studium der Medizin. Hier legte ich im März 1980 die ärztliche Vorprüfung, im März 1981 den ersten Abschnitt und im März 1983 den zweiten Abschnitt der ärztlichen Prüfung ab. Nach dem Praktischen Jahr am Städt. Krankenhaus in Friedrichshafen schloß ich mein Studium am 16. 4.1984 mit dem 3. Abschnitt der ärztlichen Prüfung ab.